

Erste Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien

Wissenschaftliche Hausarbeit

im Fach Erdkunde

Thema: „Auswirkungen aktueller Klimaschwankungen auf den Wintersporttourismus in deutschen Mittelgebirgen“



vorgelegt von: Carsten Franz

Gutachter: Prof. Dr. King

Abgabedatum: 04. Dezember 2003

Vorwort

Die milden Winter in den vergangenen Jahren haben an der im Rahmen dieser Arbeit behandelten Thematik großes Interesse aufkommen lassen. Tourismusverantwortlichen wie auch Touristen wurde binnen kurzer Zeit die Problematik schneearmer Winter bewusst. Die einen fürchten um ihre Existenz und suchen deshalb nach Lösungsmöglichkeiten, die anderen sehen sich mit dem Verlust liebgewonnener Freizeitaktivitäten konfrontiert. Persönliche Erfahrungen in diesem Bereich sensibilisierten mich schon frühzeitig für Themen dieser Art. Während es früher fast problemlos möglich war, zuhause vor Ort regelmäßig dem Skisport nachzugehen, ist dies in den letzten Jahren nur noch selten der Fall gewesen. Motiviert aus diesen Erfahrungen entstand ein starkes Interesse an diesem Themenkomplex. Daher stammt auch die Idee nicht nur traditionell touristisch geprägte Wintersportregionen zu untersuchen, sondern erstmals auch Auswirkungen für lokale Vereine in die Fragestellung mit einzubeziehen.

Herrn Prof. Dr. Lorenz King und Herrn Dr. Stefan Becker danke ich für die hervorragende Betreuung der Arbeit, die zahlreichen Ratschläge, Anregungen und Hilfestellungen sowie für die angenehmen Arbeitsbedingungen.

Darüber hinaus haben zahlreiche Personen zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen, indem sie mir Unterlagen zur Verfügung stellten, Auskünfte erteilten oder Fragebögen beantworteten. Persönlich erwähnt seien Frau Michaela Vorhold von der Wintersportarena Sauerland e.V. in Winterberg, die mir den Masterplan Wintersport im Sauerland zur Verfügung stellte, sowie Volker Emde, Alfred Herrmann, Harald Schnellen, Michael Schaaf und Werner Weigelt, ohne deren Informationen die Betrachtung der Situation für die heimischen Skivereine nicht möglich gewesen wäre. Auch ihnen sei an dieser Stelle noch einmal ganz herzlich gedankt.

Ebenfalls möchte ich mich bei Elke Röscher, Michael Hollenhorst und Michael Schäfer bedanken, die mir in vielen Gesprächen mit kritischen Anmerkungen zur Seite standen.

Kapitel 1: Einleitung.....	1
1.1 Einleitung.....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	3
1.3 Aufbau der Arbeit	4
Kapitel 2: Grundlagen.....	6
2.1 Begriffsbestimmungen.....	6
2.2 Die Untersuchungsregion: Abgrenzung und klimatische Standortbedingungen....	7
2.3 Die Bedeutung des Wintersporttourismus in der Untersuchungsregion.....	10
Kapitel 3: Klimaschwankungen.....	13
3.1 Klimaschwankungen in den letzten 1000 Jahren.....	13
3.2 Klimaentwicklung und Klimatrends in den letzten 100 Jahren	15
3.3 Wie sieht die Zukunft aus? Klimaszenarien für das 21. Jahrhundert	18
Kapitel 4: Klimaschwankung und Wintersporttourismus.....	22
4.1 Die Untersuchungen in der Schweiz.....	22
4.2 Die Untersuchungen in Österreich.....	30
4.3 Die Untersuchungen in Australien.....	32
4.4 Untersuchungen in deutschen Mittelgebirgen	38
4.5 Der Masterplan Wintersport im Sauerland und Siegerland-Wittgenstein	40
4.6 Fazit	47
Kapitel 5: Analyse der wintersportrelevanten Klimaparameter	48
5.1 Untersuchungsmethoden.....	48
5.2 Analyse der Temperaturverhältnisse	49
5.3 Analyse der Niederschlagsverhältnisse	56
5.4 Bedeutung der Parameter für die Schneeverhältnisse.....	58
5.5 Analyse der Schneeverhältnisse.....	61
5.6 Analyse möglicher Klimatrends	73
5.7 Zukunftsprognosen	75
5.8 Fazit	77
Kapitel 6: Auswirkungen auf den Wintersport	79
6.1 Auswirkungen auf den Wintersporttourismus in der Region	79
6.2 Auswirkungen auf lokale Betreiber und Wintersportvereine	81
Kapitel 7: Lösungsmaßnahmen und Anpassungsstrategien.....	87
7.1 Allgemeine Lösungsstrategien.....	87
7.2 Umsetzungspotential in der Untersuchungsregion	90
Kapitel 8: Zusammenfassung und Ausblick	93

Kapitel 9: Literaturverzeichnis	96
---------------------------------------	----

Anhang: Fragebogen	
--------------------	--

Abbildung 1: Skihang Hirzenhain: Oben: ideale Wintersportbedingungen an Weihnachten 2001. Unten: Im Februar 2002 war es so mild, dass die Schneedecke vollständig wegschmolz.....	2
Abbildung 2: Die Mittelgebirge der Untersuchungsregion heben sich deutlich von ihrer Umgebung hervor.	8
Abbildung 3: Wintermitteltemperatur in Deutschland 1902 bis 1999.....	15
Abbildung 4: Temperaturentwicklung in °C im Winter (Dezember bis Februar); links im Zeitraum 1891 bis 1990; rechts: im Zeitraum 1961 bis 1990.....	17
Abbildung 5: links: Temperaturentwicklung im Dezember 1961 bis 1990; rechts Stärke des linearen Trends.	17
Abbildung 6: Globale Temperaturvariationen unter Verwendung verschiedener Modelle (a) nur natürliche Einflussgrößen, (b) nur anthropogene Einflussgrößen, (c) Berücksichtigung beider Einflussgrößen.	19
Abbildung 7: Die Schneesicherheit der Schweizer Skigebiete heute und in Zukunft (+2°C).	25
Abbildung 8: Die Australischen Skigebiete.....	33
Abbildung 9: Skigebiete im Rothaargebirge/Sauerland.	41
Abbildung 10: Schneedeckendauer mit einer Schneehöhe von mehr als 20 cm im Rothaargebirge/Sauerland.....	42
Abbildung 11: Beschneigungspotential in der Wintersportregion Rothaargebirge/Sauerland.....	44
Abbildung 12: Die neu errichteten Beschneiungsanlagen sind bei Bedarf Tag und Nacht im Einsatz, um gerade zu Spitzenzeiten am Wochenende möglichst optimale Skibedingungen sicher zu stellen.....	45
Abbildung 13: Das Skigebiet Postwiese Anfang Dezember 2003: Bislang waren die Temperaturen in diesem Winter zu hoch, weder lag natürlicher Schnee, noch konnten die Beschneiungsanlagen in Betrieb genommen werden.....	46
Abbildung 14: Grebenhain-Herchenhain (608m): Wintermitteltemperaturen 1960/1961 bis 1999/2000.....	50
Abbildung 15: Kahler Asten (839m): Wintermitteltemperaturen 1960/1961 bis 1999/2000.	50
Abbildung 16: Grebenhain-Herchenhain (608m): Anzahl der Frost- und Dauerfrostage 1960/1961 bis 1999/2000.....	52
Abbildung 17: Kahler Asten (839m): Anzahl der Frost- und Dauerfrostage 1960/1961 bis 1999/2000.....	53

Abbildung 18: Kahler Asten (839 m): Dezembermitteltemperaturen 1961 bis 2000.....	54
Abbildung 19: Kahler Asten (839 m): Januarmitteltemperaturen 1961 bis 2000.....	55
Abbildung 20: Kahler Asten (839 m): Februarmitteltemperaturen 1961 bis 2000.....	55
Abbildung 21: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Winterniederschlag 1960/1961 bis 1999/2000.	56
Abbildung 22: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Anzahl der Tage mit Schneefall im Winter.	57
Abbildung 23: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Schneedeckenaufbau und -abbau in verschiedenen Zeiträumen.	64
Abbildung 24: Kleiner Feldberg (805 m): Schneedeckenaufbau in verschiedenen Zeiträumen.	64
Abbildung 25: Kahler Asten (839 m): Schneedeckenaufbau und –abbau in verschiedenen Zeiträumen.	65
Abbildung 26: mittleres Eintrittsdatum der maximalen Schneedeckenhöhe in Deutschland 1961 bis 1990.....	67
Abbildung 27: Grebenhain-Herchenhain (608 m): relative Häufigkeiten der Schneedecke 1961 bis 1990.....	71
Abbildung 28: Kleiner Feldberg (839 m): relative Häufigkeiten einer geschlossenen Schneedecke 1961 bis 1990.....	71
Abbildung 29: Kahler Asten (839 m): Anzahl der Schneetage im Winter in Abhängigkeit der Wintermitteltemperatur.....	75
Abbildung 30: Grebenhain- Herchenhain (608 m): Anzahl der Schneetage im Winter in Abhängigkeit der Wintermitteltemperatur.....	76
Abbildung 31: Betriebstage in Neuastenberg und Übernachtungen in Winterberg 1980 bis 1997.....	79
Abbildung 32: Ski-Ranch Roth (Westerwald): Oben: In den sechziger Jahren warb man hier mit Schneesicherheit von Dezember bis März; Unten: Auch heute noch herrscht reger Andrang, allerdings nur noch wenn es die Witterungsbedingungen zulassen.	82
Abbildung 33: Betriebstage an der Ski-Ranch Roth /Westerwald (500 m bis 570 m). Die Werte nach 1987/1988 sind nur noch geschätzt worden.	83
Abbildung 34: Mögliche Anpassungsstrategien vor dem Hintergrund eines sich abzeichnenden Klimawandels.....	87

Tabelle 1: Tourismusdaten ausgewählter Kreise und Orte im Untersuchungsgebiet 1999	11
Tabelle 2: Besucherzahlen in bedeutenden touristischen Gebieten Australiens.....	33
Tabelle 3: wichtigste Kennzahlen der australischen Skigebiete	34
Tabelle 4: Anzahl der Schneetage an ausgewählten Stationen heute und in Zukunft	36
Tabelle 5: Temperaturvariabilität in den Wintermonaten an der Station Kahler Asten (839 m).....	54
Tabelle 6: Niederschlagsmengen 1961 bis 1990 in mm.	58
Tabelle 7: Anzahl der Schneetage an ausgewählten Stationen des Untersuchungsgebietes	62
Tabelle 8: Schneehöhdauer in ausgewählten Stationen und Zeiträumen des Untersuchungsgebietes	70

Kapitel 1: Einleitung

1.1 Einleitung

Die vergleichsweise milden Winter der vergangenen 15 Jahre haben bei Skitourismusverantwortlichen wie auch bei Skitouristen für Aufsehen gesorgt. Grüne Hänge und stillstehende Liftanlagen – ein Alptraum eines jeden Verantwortlichen in der Wintersportbranche – sind immer häufiger Realität geworden. Was früher nur in Fachkreisen erörtert wurde, ist heute nicht mehr aus der öffentlichen Diskussion wegzudenken. Erste Anzeichen einer möglichen Klimaerwärmung sind für viele Betroffene bereits gegenwärtig spürbar.

Der Wintersporttourismus gilt als das sensibelste Segment innerhalb der Tourismusbranche bezüglich eines Klimawandels. Bereits geringe Veränderungen der klimatischen Bedingungen können sich in Form von Besucherrückgängen und Umsatzeinbußen speziell im Winter negativ für die Wintersportregionen auswirken. Diese Regionen stehen vor großen wirtschaftlichen und strukturellen Problemen, sollten zukünftig die Schneeeverhältnisse einen rentablen Wintersportbetrieb nicht mehr zulassen.

Vielerorts ist die Thematik erstmals während der schneearmen Winter Ende der achtziger Jahre ins Bewusstsein gerückt, stellten doch diese Winter einen deutlichen Gegensatz zu den kalten Wintern in der Mitte der Dekade dar. Die schneearmen Winter haben zu einer gewissen Verunsicherung geführt. Es stellt sich die Frage, ob dieser Schneemangel im Rahmen der natürlichen Variabilität liegt, d.h. eine zwar unangenehme, aber durchaus schon in früheren Zeiten in ähnlicher Form zu beobachtende Erscheinung, oder ob die gegenwärtige Situation, resultierend aus einer Klimaschwankung, den Beginn einer Phase schneearmer und milder Winter darstellt. Ebenso gilt es zu überprüfen, in wie weit sich die Wintersportbedingungen verändern könnten, wenn es in den folgenden Jahrzehnten zunehmend milde Winter gibt.



Quelle: eigene Aufnahme.

Abbildung 1: Skihang Hirzenhain: Oben: ideale Wintersportbedingungen an Weihnachten 2001. Unten: Im Februar 2002 war es so mild, dass die Schneedecke vollständig wegeschmolz.

Neben den touristisch stark frequentierten Wintersportorten bekommen auch die kleineren Einzel- oder Vereinsanlagen die Folgen der schneearmen Winter zu spüren. Wenn auch hier nicht in erster Linie die wirtschaftlichen Auswirkungen im Vordergrund stehen, so sind doch einschneidende Veränderungen bis hin zur Vereinsauflösung nicht auszuschließen.

Ob und in wie fern alternative Lösungsstrategien erfolgreich sein können, um die negativen Auswirkungen zu kompensieren, ist ebenfalls zu klären.

1.2 Ziel der Arbeit

Die vorliegende Arbeit soll mögliche Klimaschwankungen und deren Auswirkungen auf den Wintersporttourismus in deutschen Mittelgebirgen näher untersuchen. Als Zeitraum werden die Jahre 1961 bis 2000, sowie als Prognose das Jahr 2050 gewählt. So ist einerseits die Phase des langjährigen Mittels von 1961 bis 1990 enthalten, andererseits das mit den neunziger Jahren wärmste Jahrzehnt des vergangenen Jahrhunderts. Anhand der IPCC-Szenarien (Intergovernmental Panel On Climate Change) für das Jahr 2050 soll versucht werden, weitergehende mögliche Veränderungen zu prognostizieren.

Als regionaler Schwerpunkt soll sich dabei auf die eher nördlichen Mittelgebirge wie Rothaargebirge, Vogelsberg, Westerwald, Rhön und Taunus konzentriert werden. Gerade diese Mittelgebirge mit Höhenlagen unter 1000 m werden von möglichen Klimaschwankungen zuerst betroffen sein und infolge dessen wird das Wintersportangebot nur noch stark eingeschränkt zur Verfügung stehen. Darüber hinaus liegen hier auch verschiedene Typen bezüglich der touristischen Bedeutung vor. So ist das Rothaargebirge ein recht stark touristisch frequentiertes Wintersportgebiet von überregionaler Bedeutung mit den Zentren Astengebiet, Winterberg und Willingen/Upland. Demgegenüber stehen Westerwald oder Vogelsberg als wenig frequentierte Gebiete und überwiegend lokaler Bedeutung mit wintersportlichen Freizeitangeboten bzw. –aktivitäten auf Vereinsebene. Zuletzt sei noch der Taunus erwähnt mit seiner auch im Winter gegebenen Naherholungsfunktion für das Rhein-Main-Gebiet.

Neben der Aufarbeitung der derzeit gängigen Fachliteratur zu diesem Thema und einer Überprüfung auf Übertragbarkeit der dort formulierten Kriterien soll der Kern der Arbeit in der eigenen Analyse statistischer Daten aus o.g. Raum bezüglich wintersportrelevanter Parameter wie Temperatur, Schneedecke etc. liegen. Auffälligkeiten, Unterschiede und Veränderungen sollen dokumentiert und möglichst auch über den regionalen Aspekt hinaus gehende allgemeine Schlüsse gezogen werden. Anhand dieser Ergebnisse gilt es anschließend die Auswirkungen auf den Wintersporttourismus aufzuzeigen und eventuelle Lösungsstrategien zu erörtern.

Die Arbeit leistet somit einen Beitrag zur aktuellen Thematik über die Auswirkungen eines Klimawandels, welche vielschichtig diskutiert wird. Gerade die Folgen in Mittelgebirgsräumen sind bislang noch nicht hinreichend untersucht worden. Erste

Studien werden zwar zur Zeit angefertigt, doch konzentrieren sich diese schwerpunktmäßig auf die wirtschaftlich bedeutenden Wintersportregionen. Andere Aspekte wie die Auswirkungen auf die Vereine sind von den Untersuchungen bislang ausgenommen. Im Rahmen dieser Arbeit wird versucht, diese Lücke zu schließen. Ebenso erfolgt mit dieser Arbeit erstmals eine Untersuchung in den hessischen Mittelgebirgen, auch hier stehen diesbezüglich noch keine anderen Erfahrungswerte zur Verfügung.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in einen Grundlagen-, einen Empirie- und in einen Strategieteil.

Auf das Einleitungskapitel, in dem eine allgemeine Einführung in die Thematik sowie die Fragestellung und Zielsetzung der vorliegenden Arbeit vorgestellt werden, folgt zunächst der Grundlagenteil. In Kapitel 2 werden wichtige Begriffe erläutert, darüber hinaus die Untersuchungsregion deutsche Mittelgebirge präzisiert. In Kapitel 3 erfolgt eine allgemeine Übersicht über Klimaschwankungen. Neben einem historischen Überblick der letzten 1000 Jahre und der Entwicklung seit Beginn der Temperatúraufzeichnungen in Deutschland speziell in den letzten ca. 100 Jahren wird auf mögliche Klimatrends eingegangen. Mit Hilfe derzeit gültiger Klimaszenarien des IPCC wird ebenfalls ein Überblick über die mögliche zukünftige Entwicklung des Klimas im 21. Jahrhundert gegeben. Im 4. Kapitel erfolgt die Aufarbeitung bisheriger Studien zum Thema Klimaschwankungen und Wintersporttourismus. Hier werden die Methoden und Ergebnisse der Studien aus den Beispielregionen Schweiz, Österreich und Australien vorgestellt. Ebenso erfolgt eine Übersicht über Arbeiten aus den deutschen Mittelgebirgen unter besonderer Berücksichtigung des Masterplans „Wintersport im Sauerland“.

Der Empirieteil (Kapitel 5) beinhaltet die Analyse der Temperatur-, Niederschlags- und Schneeeverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Mittels einer multiplen Regressions- und Korrelationsanalyse wird gezeigt, dass mit den Temperatur- und Niederschlagsparametern bereits ein Großteil der Varianz der Schneeeverhältnisse erklärt werden kann. Ebenfalls erfolgt eine Trendanalyse um anschließend eine Prognose für die zukünftige Situation aus dem gegebenen Datensatz zu entwickeln.

Anschließend werden im 6. Kapitel die Auswirkungen von Klimaschwankungen auf den Wintersporttourismus erörtert. Neben den konkreten Auswirkungen auf die Wintersportregionen werden auch die Folgen für lokale Betreiber und Vereine in der Region bestimmt.

In Kapitel 7, dem Strategieteil, sollen dann Lösungsmaßnahmen und Anpassungsstrategien vorgestellt und deren Umsetzungsmöglichkeiten im Untersuchungsgebiet diskutiert werden.

Kapitel 8 fasst abschließend noch einmal die gewonnenen Ergebnisse zusammen und es erfolgt ein Ausblick.

Kapitel 2: Grundlagen

2.1 Begriffsbestimmungen

Zu Beginn der eigentlichen Thematik ist es notwendig, bestimmte Begriffe zu klären bzw. zu definieren. In der Literatur finden sich eine Reihe von Begriffen und Bezeichnungen, die zum Themenbereich „Klima“ verwendet werden. Einige von ihnen werden häufig synonym gebraucht. Um einer möglichen Begriffsverwirrung entgegen zu wirken, werden nun zunächst einmal die zentralen Begriffe in dieser Arbeit definiert.

Wie bereits aus dem Titel der Arbeit ersichtlich, werden im Folgenden Auswirkungen von Klimaschwankungen untersucht. Doch was sind eigentlich Klimaschwankungen, oder präziser, was wird in der vorliegenden Arbeit unter dem Begriff Klimaschwankungen verstanden?

Der Begriff Klimaschwankungen ist ein Beispiel dafür, dass bestimmte Ausdrücke häufig gleichbedeutend gebraucht werden. So werden in einer Vielzahl von Arbeiten die Bezeichnungen Klimaschwankungen und/oder Klimaänderungen benutzt, ohne dass ein inhaltlicher Unterschied besteht, bzw. eine Begriffsunterscheidung vorgenommen wird. FLOHN (1959) unterscheidet bereits kurze und längere Klimaschwankungen. Die charakteristischen Zeiten für kurze Klimaschwankungen legt FLOHN auf ca. 200 Jahre fest, für längere setzt FLOHN eine Zeitspanne der Größenordnung seit Ende der letzten Eiszeit vor ca. 12.000 Jahren an (SCHÖNWIESE 1979, S.10).

Da sich in der vorliegenden Arbeit mögliche Klimaschwankungen auf einen Untersuchungszeitraum von vier Jahrzehnten, sowie mögliche Klimaszenarien auf wenige Jahrzehnte im 21. Jahrhundert beschränken, liegen die hier diskutierten Klimaschwankungen überwiegend im Zeitraum der von FLOHN charakterisierten kurzen Klimaschwankungen. Aufgrund dessen kann im Rahmen dieser Arbeit der Begriff Klimaschwankung in Anlehnung an LESER (2001, S.395) wie folgt definiert werden:

Klimaschwankungen sind „die im Vergleich zu den Klimaänderungen eher kurzfristigen periodischen Schwankungen und höchstens Jahrhunderte dauernden Abweichungen vom allgemeinen Klimacharakter eines Gebietes.“

Ein weiterer zentraler Begriff der vorliegenden Arbeit ist der Wintersporttourismus. Der Begriff des Wintersports dürfte in diesem Zusammenhang klar sein. Problematischer hingegen ist dies beim Tourismusbegriff. Auch hier finden sich in der Literatur die unterschiedlichsten Auffassungen, was unter Tourismus verstanden bzw. wann eine Person als Tourist bezeichnet werden soll. Häufig umfassen Tourismusdefinitionen einen längerfristigen Aufenthalt an einem Ort, der nicht Wohn-, Arbeits- oder Versorgungsort ist. Auch in der Fremdenverkehrsstatistik werden nur Reisen mit mindestens einer Übernachtung erfasst (LESER 2001, S.229). Dies bedeutet aber auch, dass bei einer solchen Tourismusauffassung vor allem Tagesgäste nicht berücksichtigt werden. Gerade im Wintersporttourismus kommt jedoch den Wochenend- und Tagesgästen mit nur wenigen oder gar keiner Übernachtung mitunter eine nicht zu unterschätzende – wenn nicht sogar zentrale – Bedeutung zu. Daher erscheint es sinnvoll und notwendig, einen möglichst weitreichenden Tourismusbegriff zu verwenden. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher auf KASPAR (1991, S.18) zurückgegriffen. Die Definition von Tourismus lautet daher wie folgt:

Tourismus ist die „Gesamtheit der Beziehungen und Erscheinungen, die sich aus der Reise und dem Aufenthalt von Personen ergeben, für die der Aufenthaltsort weder hauptsächlich und dauernder Wohn- noch Arbeitsort ist.“

Abschließend bleibt nun noch die Untersuchungsregion „deutsche Mittelgebirge“ näher zu charakterisieren. Dies erfolgt im nächsten Abschnitt.

2.2 Die Untersuchungsregion: Abgrenzung und klimatische Standortbedingungen

Im Rahmen dieser Arbeit soll nicht der gesamte deutsche Mittelgebirgsraum untersucht werden. Es gilt eine Beispielregion zu wählen in der

- eine wirtschaftliche Bedeutung des Wintersporttourismus gegeben ist
- unterschiedliche Bedeutungsgrade des Wintersporttourismus vorzufinden sind
- Auswirkungen von Klimaschwankungen möglichst repräsentativ erarbeitet und Aussagen darüber formuliert werden können

Die Wahl fiel daher auf die nördlichen Mittelgebirgsbereiche Rothaargebirge/Sauerland, Westerwald, Taunus, Vogelsberg und Rhön. Hier ist zum einen mit dem Rothaargebirge/Sauerland eine der bedeutendsten Wintersportregionen in den deutschen Mittelgebirgen vertreten, zum anderen handelt es sich um Mittelgebirge, in denen die wirtschaftliche Bedeutung des Wintersporttourismus nicht an erster Stelle steht, dafür aber vorwiegend lokale Wintersportangebote für die heimische Bevölkerung und Tagesgäste häufig auf Vereinsebene vorliegen.

Des weiteren zählen diese Mittelgebirge nicht zu den höchstgelegenen in Deutschland. Mit 950 m wird auf der Wasserkuppe in der Rhön die höchste Erhebung erreicht. Mögliche Klimaschwankungen wirken sich in diesen Bereichen bereits sehr schnell aus. Somit repräsentiert das Untersuchungsgebiet typische Mittelgebirgsbedingungen. Gewonnene Aussagen können daher verallgemeinert und auch auf andere Mittelgebirgsregionen in Deutschland übertragen werden. Darüber hinaus fehlen im Untersuchungsgebiet mit Ausnahme des Rothaargebirges bislang Studien zu diesem Themenkomplex.



Quelle: Diercke Atlas 1996, S.20, S.23.

Abbildung 2: Die Mittelgebirge der Untersuchungsregion heben sich deutlich von ihrer Umgebung hervor.

Bevor in das eigentliche Thema eingestiegen wird, soll zunächst ein kurzer Überblick über die klimatischen Standortbedingungen skizziert werden.

Von der großzonalen Zuordnung her zählt der Untersuchungsraum zum subozeanischen Typ der kühlgemäßigten Waldklimate, der durch Jahresamplituden der Mitteltemperaturen von 16°C bis 25°C und bei Mitteltemperaturen des kältesten Monats von +2°C bis -3°C gekennzeichnet ist (PLETSCH 1989, S.49). Aufgrund der variierenden Oberflächengestalt liegt jedoch eine unterschiedliche Ausprägung des Klimas vor. So zeichnen sich im Rheinischen Schiefergebirge besonders bei Westlagen deutliche Luv-Lee-Effekte mit stark beregneten Westseiten sowie Höhenbereichen und deutlich weniger stark beregneten Ostseiten ab. An der Westseite werden die advektiven Luftströmungen zum Aufsteigen gezwungen. Die damit verbundene Abkühlung führt zu Kondensation und Niederschlag. So erhält die Station Kahler Asten (839 m) im Rothaargebirge durchschnittlich über 1400 mm Niederschlag im Jahr. Die Station Remscheid an der Westseite im Luv des Rheinischen Schiefergebirges erhält ebenfalls, obwohl nur etwa 300 m hoch gelegen, bereits 1187 mm Jahresniederschlag. In Arolsen (290 m), im Lee des Rothaargebirges gelegen, werden dagegen trotz der geringen Distanz zum Kahlen Asten nur noch 626 mm Niederschlag im Jahr erreicht (PLETSCH 1989, S.49f).

Generell spiegelt sich die orographische Gliederung des Raumes in der Niederschlagsverteilung wider. Die Mittelgebirge treten als Zonen mit reichlich Niederschlägen hervor, flächenhaft im Rheinischen Schiefergebirge, eher isoliert in den ostthessischen Mittelgebirgen, wo in den höheren Lagen ebenfalls hohe Jahresniederschläge zu verzeichnen sind (PLETSCH 1989, S.51). Die Mittelgebirge des Untersuchungsraumes weisen eine stärkere Maritimität des Klimas auf, insbesondere durch ein Niederschlagsmaximum im Winter, während in den benachbarten Senken- und Beckenlagen stärker kontinentale Bedingungen mit einem Niederschlagsmaximum im Sommer aufgrund der vermehrten konvektiven Niederschläge vorliegen (PLETSCH, 1989, S.50). Gleichzeitig ist aber auch eine zunehmende Kontinentalität von West nach Ost in den Mittelgebirgen festzustellen. Während auf dem Kahlen Asten über 1400 mm Niederschlag im Jahr gemessen werden, erhält die Station Grebenhain-Herchenhain (608 m) im Hohen Vogelsberg nur 1189 mm, die östlich davon liegende Station Wasserkuppe (921 m), obwohl 300 m höher gelegen, gar nur noch 1124 mm Jahresniederschlag (PLETSCH 1989, S.51).

Nicht zu verachten und im Rahmen dieser Arbeit besonders interessant sind die regionalen Unterschiede bezüglich des Schneeniederschlags. Abhängig von der Höhenlage sind auch hier wieder deutliche Unterschiede festzustellen. So fallen in den Höhenlagen der Rhön und des Sauerlandes/Rothaargebirges rund ein Drittel der Jahresniederschläge als Schnee, während in den zum Untersuchungsraum benachbarten Niederungen und Beckenlagen wie z.B. der Wetterau der Anteil des Schneeniederschlags auf deutlich unter 10 % zurückgeht (PLETSCH 1989, S.52).

Das Untersuchungsgebiet kann somit als eine „charakteristische klimatische Übergangslandschaft verstanden werden, in der der stark unter Meeresluft beeinflusste Klimaraum Norddeutschlands in die stärker durch Festlandsluft geprägten Klimaräume Mittel- und Süddeutschlands übergeht“ (PLETSCH 1989, S.57).

2.3 Die Bedeutung des Wintersporttourismus in der Untersuchungsregion

Das Untersuchungsgebiet zeichnet sich durch eine eher heterogene Struktur in punkto Tourismus und speziell Wintersporttourismus aus. Im Westerwald, Taunus und Vogelsberg gibt es überwiegend Einzelanlagen, die hauptsächlich zur Deckung des heimischen Bedarfs dienen, vor allem aber auch viele Tagesgäste anlocken.

Im hessischen Westerwald gibt es zur Zeit drei Liftanlagen, alle in Vereinsbesitz. Nach Auskünften der Betreiber werden aber auch diese Einzelanlagen an Spitzentagen von bis zu 400 Personen täglich genutzt, die z.T. aus dem Rhein-Main-Gebiet oder dem Kölner Raum als Tagesgäste anreisen. Auch im Taunus und im Vogelsberg gibt es nur wenige Einzelanlagen. So konnten insgesamt drei Liftanlagen im Taunus ermittelt werden, drei weitere Abfahrtsmöglichkeiten bestehen, allerdings ohne Skilift. Dazu sind 17 Loipenanlagen ausgewiesen (www.wintersport-im-taunus.de/ie/index3.html, Zugriff 28.11.2003). Im Vogelsberg gibt es zumindest vier Liftanlagen im Bereich des Hoherodskopf (www.wiegandslide.com/bahnen/skilifte_hoherodskopf.htm, Zugriff 02.12.2003). Ob dies allerdings alle Angebote im Alpinskiereich sind, konnte nicht genau ermittelt werden. Zu beachten ist bei diesen Regionen ihre Nähe zum Rhein-Main-Gebiet und daher ihre Funktion als Naherholungsraum, auch im Winter. So dürften auch hier vor allem Tagesgäste die Wintersportanlagen aufsuchen.

Deutlich mehr Angebote gibt es in der Rhön. In der hessischen Rhön sind acht Liftanlagen zu finden, vier davon konzentrieren sich um die Wasserkuppe. In der

bayerischen Rhön verteilen sich die Anlagen auf vier Skigebiete rund um Kreuzberg, Arnsberg, sowie Feuerberg und Ilmenberg mit insgesamt 13 Liftanlagen. Darüber hinaus existieren noch zwei Liftanlagen in der thüringischen Rhön (www.rhoenline.de/aktiv/aktiv_winter.html, Zugriff 02.12.2003).

Ort	Bettenangebot	Ankünfte	Übernachtungen	Mittlerer Aufenthalt
Vogelsbergkreis	4.184	170.585	439.868	2,6
Grebenhain	480	8.537	79.708	9,3
Landkreis Fulda	10.647	423.379	1.165.864	2,8
Gersfeld	1.423	34.557	125.850	3,6
Hochtaunuskreis	7.337	377.668	1.185.074	3,1
Schmitten	1.035	47.200	118.228	2,5

Quelle: Hessische Gemeindestatistik, statistisches Landesamt, Wiesbaden, 2000, eigene Erstellung.

Tabelle 1: Tourismusdaten ausgewählter Kreise und Orte im Untersuchungsgebiet 1999.

Die Übernachtungszahlen aus Tabelle 1 lassen den Schluss zu, dass der Tourismus und speziell der Wintertourismus in diesen Regionen nur eine untergeordnete Rolle spielt. Die Gemeinden, die sich in den Höhenlagen der Mittelgebirge befinden, weisen keine überdurchschnittlichen Übernachtungszahlen auf, welche die Region als stark frequentiertes Tourismusgebiet ausweisen würde. Die z.T. hohen Übernachtungszahlen in den Landkreisen resultieren aus Kurorten oder Heilbädern, die den Großteil der Übernachtungen ausmachen. Dennoch muss auf die Bedeutung der Tagesausflügler noch einmal hingewiesen werden, die in dieser Statistik nicht erfasst werden.

Eine ganz andere Situation stellt sich im Sauerland bzw. Rothaargebirge dar. Hier gibt es insgesamt 57 Skigebiete mit 148 Liftanlagen, dazu 172 Langlaufloipen mit einer Gesamtlänge von 1410 km (ROTH et al 2001a, S.59, S.65). Damit liegt diese Region deutschlandweit an dritter Stelle nach dem Schwarzwald und dem Bayerischen Wald, in Bezug auf die Anzahl der Skigebiete und rangiert somit noch vor bekannten Wintersportregionen wie Thüringer Wald oder Erzgebirge. Insgesamt zählt diese Region über 6,6 Mio. Übernachtungen jährlich, rund 30 % entfallen dabei auf die Wintersaison von Dezember bis März (ROTH et al 2001b, S.21, S.25). Zudem befinden sich in diesem Gebiet der deutschen Mittelgebirge vier von 13 Orten mit mehr als 2.500 Betten; dabei stehen Winterberg und Willingen an den ersten beiden Stellen, haben also

mehr Übernachtungsangebote als alle anderen Wintersportorte in deutschen Mittelgebirgen (ROTH et al 2001b, S.6).

Somit finden wir hier eine der bedeutendsten Wintersportregionen in den deutschen Mittelgebirgen vor. Bedenkt man zudem noch, dass das Rothaargebirge oft auch als Wiege des Wintersports in Deutschland bezeichnet wird, so lässt sich erahnen, in wie weit diese Region die Auswirkungen von Klimaschwankungen zu spüren bekommen wird. Die Untersuchungsregion beinhaltet ein Mosaik verschiedenster Wintersportstrukturen von der lokalen Einzelanlage bis hin zur bedeutenden Wintersportregion von nationalem Stellenwert, so dass sich in Folge dieser heterogenen Struktur eine Vielzahl von Aussagen über die Auswirkungen von Klimaschwankungen in den folgenden Kapiteln ableiten lassen.

Kapitel 3: Klimaschwankungen

3.1 Klimaschwankungen in den letzten 1000 Jahren

Um eine Einordnung der aktuellen Diskussion zur Klimaentwicklung mit einer möglichen Erwärmung vornehmen zu können, ist es notwendig, auch die Entwicklung in der Vergangenheit zu betrachten. Liegen mögliche Veränderungen noch im Rahmen der natürlichen Variabilität, handelt es sich um neuartige Erscheinungen oder gab es vergleichbare Zustände und Entwicklungen bereits in der Vergangenheit?

Diesem Themenfeld widmet sich die historische Klimatologie. Besonders seit LAMB (1977) wurden zahlreiche Arbeiten zu dieser Thematik erstellt. Mittels von Menschen verfassten Klimaaufzeichnungen in früherer Zeit sowie auch sogenannten Klimazeigern oder Proxydaten wie Hochwassermarken an Gebäuden, Ertragsangaben von Getreide etc. erfolgt die Rekonstruktion der klimatischen Bedingungen in der Vergangenheit. Ziel ist dabei die Ableitung von quantifizierbaren klimatischen Zeitreihen (GLASER et al 2000, S.45).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass in den letzten 1000 Jahren mehrere kurzfristige, aber auch langfristige Schwankungen des Klimas sowohl in positive wie auch in negative Richtung festzustellen sind. So zeigt sich im vergangenen Jahrtausend die Ausprägung eines mittelalterlichen Wärmeoptimums, einer Übergangszeit, einer sogenannten Kleinen Eiszeit und des modernen Klimaoptimums (GLASER et al 2000, S.49).

Während des Mittelalters herrschte über einige Jahrhunderte lang eine vergleichsweise warme Klimaepoche, die regional allerdings in unterschiedlichen Zeiten auftrat. In Grönland wurden die höchsten Werte etwa von 950 bis 1200 erreicht, wo hingegen es auf dem europäischen Festland nach LAMB (1977) zwei Höhepunkte zwischen 900 und 1000 sowie zwischen 1150 und 1300 gegeben hat. Die Temperaturen lagen damals um etwa 1°C bis 1,5°C höher als heute, wodurch u.a. Weinanbau in England und Irland möglich war (SCHÖNWIESE 1979, S.77). In diese Zeit fällt auch die Besiedlung Grönlands durch die Normannen im Jahre 982. Hingegen schlug die Besiedlung Islands im 9. Jahrhundert unter noch kälteren Klimabedingungen fehl. „So sind offenbar Klimaschwankungen der Grund dafür, dass Island und Grönland die umgekehrten Namen erhalten haben. [...] Es gilt als sicher, dass die Normannen in dieser Zeit

günstiger Klimabedingungen mit geringer Treibeistätigkeit auf dem nördlichen Seeweg (über Island und Grönland) auch Nordamerika erreicht haben“ (SCHÖNWIESE 1979, S.84).

Die Phase von 1200 bis 1400 ist der Übergang vom Mittelalterlichen Wärmeoptimum hin zu einer kälteren Periode. LAMB (1977) nennt dies die Klimawende des späten Mittelalters mit starkem Temperaturrückgang und vermehrter Sturmtätigkeit, welches sich besonders an der deutschen und niederländischen Nordseeküste mit großen Landverlusten in Verbindung mit Sturmfluten auswirkte, z.B. Entstehung des Jadebusens 1218, der Zuyder See 1287 sowie der Großteil der friesischen Inseln 1362 (SCHÖNWIESE 1979, S.77; 1995, S.83). Darüber hinaus ist LAMB der Meinung, „dass der damalige Bevölkerungsrückgang, der in England z.B. in der Zeit von 1300 – 1327 ein Drittel ausmachte, wesentlich mehr den Folgen der Klimawende als der zu jener Zeit um sich greifenden Pest zuzuschreiben ist“ (SCHÖNWIESE 1979, S.77). Die kalten Winter des ausgehenden Mittelalters finden sich auch in zahlreichen Gemälden und Liedern dieser Zeit wieder.

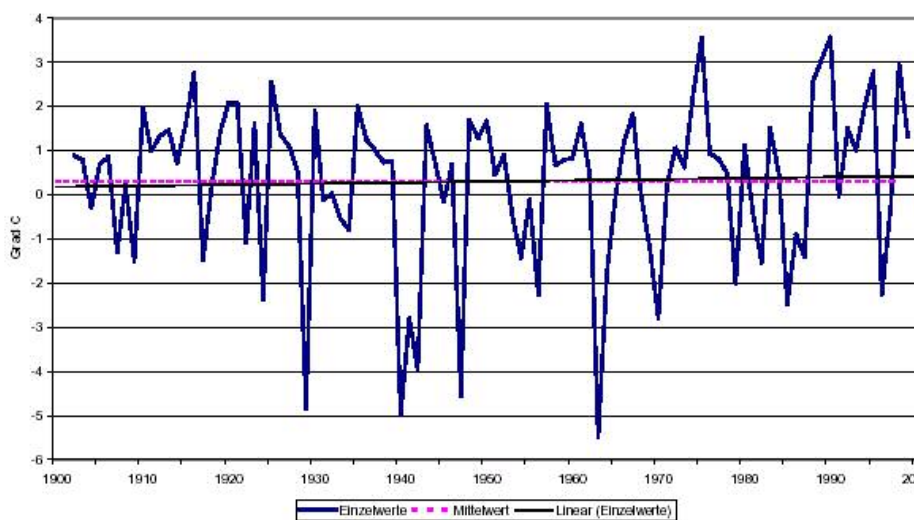
Der nun folgende Zeitraum war mit Abstand die kälteste Periode seit Beginn der Instrumentenbeobachtungen. Es handelte sich um eine so gravierend kalte Periode der neueren Klimageschichte, dass sie den Namen „Kleine Eiszeit“ bekam (SCHÖNWIESE 1979, S.70). Zeitlich variieren die Angaben über ihre Dauer. LAMB (1977) bezeichnet den Zeitraum 1550 bis 1700 als „Kleine Eiszeit“, während FLOHN (1978) sie in Anlehnung an die Ausdehnung der Alpengletscher von 1550 bis 1850 datiert (SCHÖNWIESE 1979, S.75). Die Jahresmitteltemperatur lag während dieser Zeit etwa 1°C niedriger als heute. Strenge Winter und verbreitete Gletschervorstöße kennzeichneten diese Periode, allerdings traten in dieser Zeit auch ausgeprägte Schwankungen auf. So wies nach SCHÖNWIESE die „Kleine Eiszeit“ um 1600 und 1850 bis 1890 relativ kalte Unterepochen auf, während die Zeit von 1730 bis 1800 vergleichsweise warm war (SCHÖNWIESE 1979, S.78; 1995, S.81).

Im Anschluss daran setzte eine erneute Erwärmung ein, die bis heute andauert und unter dem Namen „Modernes Klimaoptimum“ erfasst wird. Wir befinden uns in einer Warmphase, die dem „Mittelalterlichen Wärmeoptimum“ gleichkommt, dieses sogar noch etwas übersteigt. Allerdings weisen die beiden Zeiträume unterschiedliche saisonale Prägungen auf. „Im Mittelalterlichen Wärmeoptimum waren es die heißen Sommer bei eher kalten Wintern und entsprechender Prägung der

Übergangsjahreszeiten, die für die positive Jahresbilanz verantwortlich waren. [...] Im Modernen Wärmeoptimum sind es hingegen die milden Winter bei gemäßigten Sommern, die für die wärmeren Jahresbilanzen verantwortlich sind.“ (GLASER 2001, S.182). Diese winterliche Erwärmung muss besonders hervorgehoben werden. Sie ist im Vergleich zu den letzten 1000 Jahren als einmalig zu bezeichnen und wohl auf die anthropogene Erhöhung des Treibhauseffektes zurückzuführen (GLASER 2001, S.209).

3.2 Klimaentwicklung und Klimatrends in den letzten 100 Jahren

Während die historische Klimatologie zur Rekonstruktion vergangener Klimabedingungen nahezu ausschließlich auf Proxydaten o.ä. angewiesen ist, liegen zur Untersuchung und Analyse der Klimabedingungen im „Modernen Klimaoptimum“ zumindest ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts moderne Temperaturzeitreihen vor. In Einzelfällen reichen diese Datensätze noch weiter zurück, so z.B. bei der Station Hohenpeißenberg im bayerischen Voralpenland, wo Daten seit 1781 vorliegen (SCHÖNWIESE 1993, S.75).



Quelle: Bissoli 1999, S.1.

Abbildung 3: Wintermitteltemperatur in Deutschland 1902 bis 1999.

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts setzte ab 1890 ein relativ kontinuierlicher Temperaturanstieg ein. Besonders markant war dieser Anstieg in den Jahren 1890-1900 sowie 1940-1950. In diesen Zeiträumen stiegen die zehnjährig geglätteten Werte jeweils um ca. 1°C. In Abbildung 3 ist dies zumindest in den vierziger Jahren auch bei der

Wintermitteltemperatur zu erkennen. Einen lokalen Effekt schließt SCHÖNWIESE (1979, S.64) aus, er verweist auf den zeitgleich einsetzenden Gletscherrückzug. GRABAU (1985, S.1) verweist zudem darauf, dass seit 1880 eine weltweite Erwärmung auf der Nordhalbkugel festzustellen ist und auch global lag der Höhepunkt im Jahrzehnt 1941-1950. Als Ursache für den Temperaturanstieg in der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert nennt GRABAU eine größere Luftdruckdifferenz zwischen subtropischem Hochdruckgürtel und der subpolaren Tiefdruckrinne (GRABAU 1985, S.2). In den fünfziger Jahren kehrte sich dieser Trend allerdings um. Es kam zu einem Rückgang der Temperaturen bis in die sechziger Jahre.

FRANKENBERG (1991) untersuchte den Zeitraum 1959-1988 monatsweise auf Temperaturvariationen und -trends in Deutschland. Die Temperaturbaisse der Monate Januar und Februar wurde demnach 1963 erreicht (FRANKENBERG 1991, S.61). Es kam somit zur Ausbildung eines relativen Temperaturminimums. Um das Jahr 1975 trat eine markant länger währende Warmphase auf, die sich in allen drei Wintermonaten Dezember, Januar und Februar widerspiegelte. In den achtziger Jahren unterschieden sich vor allem die Dezemberwerte deutlich von den beiden anderen Monaten. Während die Januar- und Februarwerte keinen eindeutigen Trend aufweisen, treten seit 1982 überwiegend milde Dezembertemperaturen auf. Nur hier ist also eine jüngste Erwärmung festzustellen (FRANKENBERG 1991, S.61, S.86).

Es zeigt sich, dass es auch in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert zu Schwankungen bezüglich der Temperaturen und speziell der Wintertemperaturen gekommen ist. Um eine Vorstellung über die Größenordnung der Veränderungen in den letzten rund 100 Jahren zu bekommen, sind nun die Analysen von SCHÖNWIESE & RAPP (1997), die im Klimatrendatlas von Europa die Veränderungen sowohl von 1961 bis 1990, als auch 1891 bis 1990 dokumentiert haben, zu betrachten.

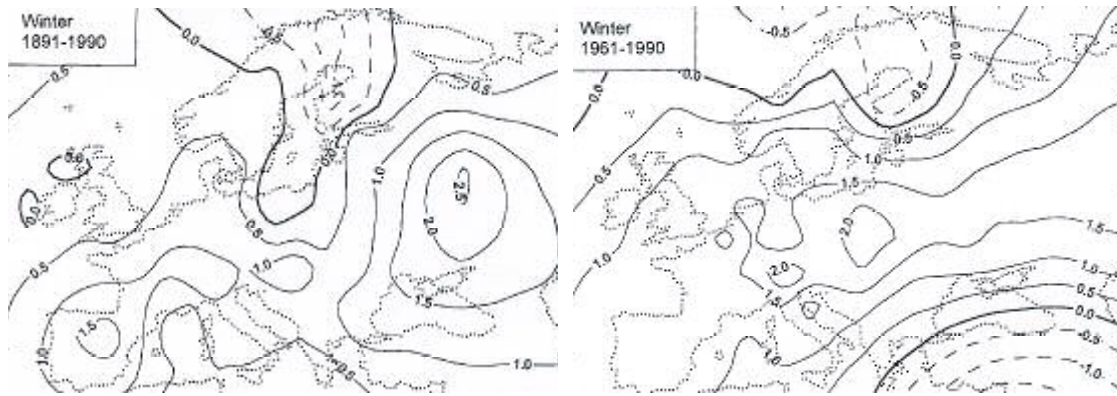


Abbildung 4: Temperaturentwicklung in °C im Winter (Dezember bis Februar); links im Zeitraum 1891 bis 1990; rechts: im Zeitraum 1961 bis 1990.

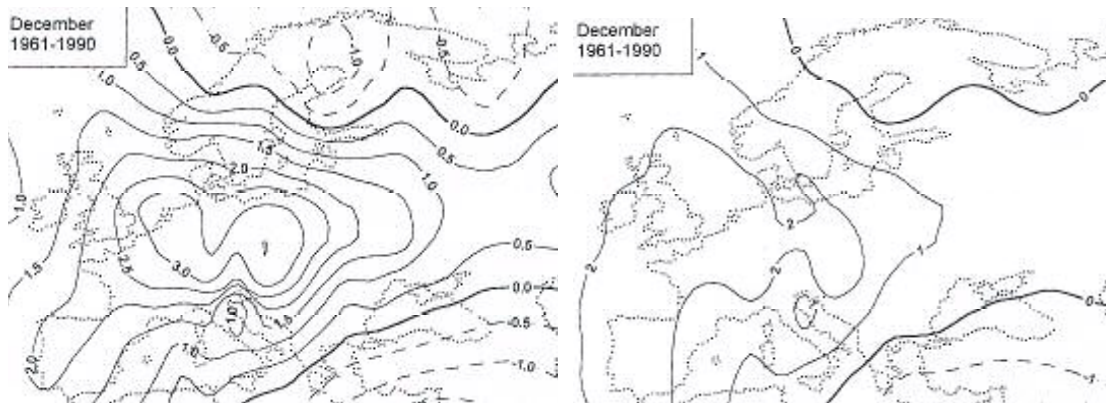


Abbildung 5: links: Temperaturentwicklung im Dezember 1961 bis 1990; rechts Stärke des linearen Trends.

Die Ergebnisse zeigen, dass es in beiden Zeiträumen in allen Wintermonaten zu einem signifikanten Erwärmungstrend gekommen ist. Wie aus Abbildung 4 ersichtlich, beträgt der lineare Temperaturtrend in Mitteleuropa im Winter zwischen 1°C und 2°C in den Jahren 1961 bis 1990 sowie 0,5°C bis 1°C im Zeitraum 1891 bis 1990. In den einzelnen Monaten unterscheidet sich der Januar nur wenig von den Ergebnissen für den ganzen Winter, währenddessen im Dezember 1961 bis 1990 ein linearer Trend von +2,5°C bis über +3°C in Deutschland beobachtet worden ist. Demgegenüber steht ein Temperaturtrend von +0,5°C bis +1°C in den Jahren 1891 bis 1990.

Viele der beobachteten Temperaturtrends sind auf Monatsebene für die Periode 1961 bis 1990 nur schwach signifikant. Eine Ausnahme bildet der beobachtete Dezembertrend in Mitteleuropa, hier wird ein Signifikanzniveau von 95 % erreicht. Die Trends im Zeitraum 1891 bis 1990 weisen im Allgemeinen eine deutlich höhere

Signifikanz auf. Für Deutschland sind diese Ergebnisse sogar signifikant auf 99 %-Niveau. (SCHÖNWIESE & RAPP 1997, S.31-32). Die Ergebnisse bestätigen die bereits erwähnten Aussagen von FRANKENBERG (1991) zu einem Erwärmungstrend im Dezember. Zu klären bleibt noch der z.T. deutliche Unterschied zwischen den Trendergebnissen in den beiden Zeiträumen. Bei der Betrachtung der Temperaturentwicklung wurde bereits auf das relative Temperaturminimum in den sechziger Jahren hingewiesen. Im Zeitraum 1961 bis 1990 liegt dieses Minimum also am Anfang des Zeitraumes, anschließend setzte eine relativ konstante Erwärmung ein, die zu insgesamt höheren Trendwerten führt. Der Zeitraum 1891 bis 1990 berücksichtigt neben dieser Erwärmungsphase und der Erwärmungsphase in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts mit den beiden markanten Jahrzehnten 1891 bis 1900 und 1941 bis 1950 aber auch die Abkühlungsphasen in den fünfziger und sechziger Jahren hin zum schon erwähnten relativen Minimum.

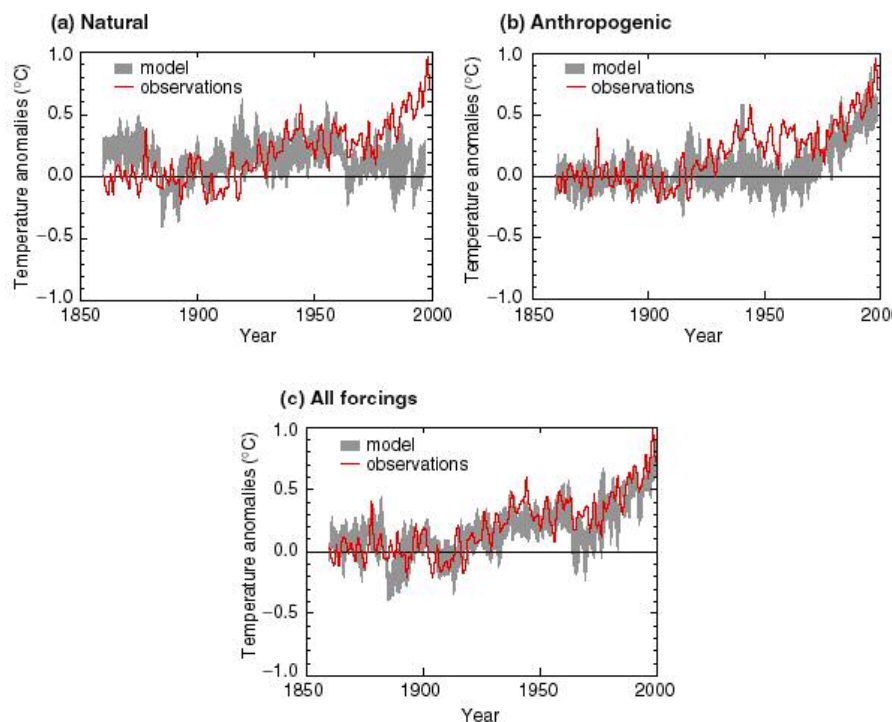
Bezüglich der Niederschläge ist es weitaus schwieriger, verlässliche Aussagen zu treffen, in der Regel sind viele Niederschlagstrends ebenfalls nur schwach signifikant (SCHÖNWIESE & RAPP 1997, S.34). Dennoch zeichnet sich für Deutschland ein Trend zu vermehrtem Winter- und verringertem Sommerniederschlag ab (SCHÖNWIESE 1995, S.73).

In den vergangenen 100 Jahren gab es also einen Trend hin zu einer Erwärmung des Klimas. Dieser scheint sich in den letzten Jahrzehnten noch weiter verstärkt zu haben. Ob sich diese Entwicklung weiter fortsetzen wird oder es zu einem erneuten Absinken der Temperaturen kommen könnte, soll der nächste Abschnitt näher erörtern.

3.3 Wie sieht die Zukunft aus? Klimaszenarien für das 21. Jahrhundert

In der Diskussion um die Ursachen dieser Erwärmung wird immer wieder der anthropogene Treibhauseffekt genannt. Begründet vor allem darin, da das „Moderne Klimaoptimum“ zeitlich etwa im Zuge der Industrialisierung eingesetzt hat und gleichzeitig ein Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre gemessen wurde. So stieg die Konzentration seit 1880 von 290 ppm auf 330 ppm im Jahr 1977 und 355 ppm 1991 durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe bzw. allgemein durch den steigenden Energiebedarf als Folge einer rasch wachsenden Weltbevölkerung (GRABAU 1985, S.3; SCHÖNWIESE 1993, S.76). Insgesamt hat die Kohlendioxidkonzentration um 31 % gegenüber 1750 - also vor Beginn der

Industrialisierung - zugenommen. Gleichzeitig stieg die Methankonzentration um 151 % (HOUGHTON et al 2001, S.7). Methan und Kohlendioxid sind nur zwei der sogenannten Treibhausgase, die vermehrt durch menschliche Aktivitäten freigesetzt werden. Es besteht also die berechtigte Befürchtung, dass der Mensch mit seinem Handeln in das Klimageschehen eingreift. Nicht zu Vergessen ist aber dabei, dass es neben dem vermeintlichen anthropogenen auch einen natürlichen Treibhauseffekt gibt. An dieser Stelle wird auf eine ausführliche Aufarbeitung des Themenkomplexes Treibhauseffekt verzichtet und stattdessen auf die einschlägige Literatur verwiesen, welche weitergehend über das Thema informiert. (u.a. SCHÖNWIESE 1995, HOUGHTON et al 2001, GRABAU 1985).



Quelle: Houghton et al 2001, S.11.

Abbildung 6: Globale Temperaturvariationen unter Verwendung verschiedener Modelle (a) nur natürliche Einflussgrößen, (b) nur anthropogene Einflussgrößen, (c) Berücksichtigung beider Einflussgrößen.

Modellberechnungen für das vergangene Jahrhundert zeigen, dass die beobachteten Temperaturvariationen nicht allein durch natürliche Einflussgrößen beschrieben werden können. Insbesondere für den Anstieg gegen Ende des Jahrhunderts liefert das Modell keine zufriedenstellenden Ergebnisse (siehe Abbildung 6 (a)). Berücksichtigt man

dagegen nur anthropogene Einflussgrößen, so zeigt sich, dass zwar gerade für die letzten Jahrzehnte bessere Ergebnisse erzielt werden konnten, offensichtlich scheint aber eine Kombination beider Einflussfaktoren im Modell am konkretesten die Temperaturentwicklung zu beschreiben (siehe Abbildung 6 (c)).

Die Erfahrungswerte aus dem 20. Jahrhundert lassen befürchten, dass sich in Zukunft das Klima weiter erwärmen wird. Die Diskussion um eine zukünftige Klimaentwicklung ist aber weiterhin mit vielen Unsicherheiten verbunden. Sicher ist in diesem Zusammenhang,

- dass es einen natürlichen Treibhauseffekt gibt
- dass eine Zunahme der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre nachweisbar ist
- dass eine Erhöhung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zu einer globalen Erwärmung führt (ABEGG 1996, S.30).

Als wahrscheinlich gilt, dass die festgestellte Erwärmung nicht allein natürlichen Ursprungs sein kann. Unklar ist gegenwärtig aber noch das genaue Ausmaß, der Zeitpunkt des Eintretens und die regionale Verteilung des Klimawandels (ABEGG 1996, S.30).

Um das zukünftige Klima dennoch abschätzen zu können, bedient man sich heute sogenannter „General Circulation Models“ (GCM). Gleichzeitig werden Emissionsszenarien berücksichtigt, welche unterschiedliche Entwicklungen z.B. in punkto Wirtschaft und Bevölkerung enthalten. Die einzelnen Szenarien sind bei HOUGHTON et al (2001, S.63) beschrieben. Letztlich beruhen diese Szenarien ebenfalls auf vielen unsicheren Annahmen, allerdings sind die Klimamodelle das derzeit beste Instrument, um Aussagen über die künftige Entwicklung des Klimas zu treffen (ABEGG 1996, S.31). Im neuesten IPCC Report ist auf dieser Grundlage für den Zeitraum von 1990 bis 2100 mit einem Anstieg der Mitteltemperaturen je nach Szenario um 1,4°C bis 5,8°C zu rechnen. Gleichzeitig wird ein Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre auf 540 ppm bis 970 ppm vorhergesagt (HOUGHTON et al 2001, S.12-13). Als globale Folgen dieser Erwärmung werden u.a. ein Anstieg des Meeresspiegels und das Abschmelzen von Gletschern prognostiziert. Bereits der Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert hat zu einer weltweiten Abnahme der Gletschermasse um 25 %, im Alpenraum sogar um 50 % geführt. WATSON (1998, S.170) befürchtet sogar, dass „... as much as 95 % of the existing glacier mass could

disappaer over the next 100 years within anticipated warming, and many of the small glaciers could disappear altogether within decades.“

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass Klimaschwankungen in der Vergangenheit, gegenwärtig und wohl auch zukünftig zu beobachten sein werden. Sie sind sozusagen etwas völlig „Normales“. Doch der Temperaturanstieg im 20. Jahrhundert konnte nicht mit den natürlichen Einflussgrößen erklärt werden. Es verdichten sich die Anzeichen, dass der anthropogene Einfluss ebenfalls zu Klimaschwankungen führt bzw. diese verstärkt. Für das 21. Jahrhundert ist also mit einem deutlichen Temperaturanstieg weltweit zu rechnen. Dieser Anstieg dürfte wesentlich größer sein als die beobachteten Anstiege im 20. Jahrhundert (HOUGHTON 2001, S.69) und wohl auch größer als jene in den vergangenen 1000 Jahren.

Im Rahmen dieser Arbeit ist nun interessant, wie stark die Temperaturerwärmung der vergangenen Jahrzehnte bereits den Wintersporttourismus beeinflusst hat und inwieweit sich mögliche Änderungen in Zukunft darauf auswirken werden. Dies gilt es nun in den nächsten Kapiteln zu erarbeiten.

Kapitel 4: Klimaschwankung und Wintersporttourismus

Mögliche Klimaschwankungen – speziell eine Erhöhung der Temperaturen – werden im Allgemeinen eher mit negativen Auswirkungen für den Wintersport und damit auch für den Wintersporttourismus in Verbindung gebracht. Befürchtet werden in erster Linie eine kürzere Saisondauer sowie niedrigere Gästezahlen und damit insgesamt geringere Einnahmen.

Gerade im letzten Jahrzehnt gab es eine Reihe von Arbeiten, die sich mit den Auswirkungen von Klimaschwankungen nicht nur auf das Schneevorkommen allgemein, sondern speziell auf den Ski- und Wintersporttourismus beschäftigten. In erster Linie wurden Studien in der Schweiz, Österreich und Australien angefertigt; darüber hinaus aber auch in Kanada, Neuseeland, Schottland, Chile und Tschechien (ABEGG 1996, S.38).

Im Folgenden werden nun die wichtigsten Untersuchungen vorgestellt, dabei wird sich auf die Arbeiten in der Schweiz, in Österreich und in Australien beschränkt. Anschließend erfolgt ein Überblick über die Arbeiten in deutschen Mittelgebirgen, unter besonderer Berücksichtigung des Masterplans Wintersport im Sauerland.

4.1 Die Untersuchungen in der Schweiz

4.1.1 Untersuchungsmethoden

Den Studien in der Schweiz liegt eine modifizierte Definition der Schneesicherheit zugrunde. Auf dieser Grundlage wurden die Schweizer Skigebiete auf ihre Schneesicherheit heute und unter Annahme eines Erwärmungsszenarios von 2°C, welches bis zum Jahr 2050 erwartet wird, untersucht. Zusätzlich wurden die schneearmen Winter Ende der achtziger Jahre analysiert, einerseits um zu klären, ob diese Situation eine Besonderheit darstellte, andererseits um die konkret beobachteten Auswirkungen auf die Tourismusbranche aufzuzeigen. Basierend auf diesen Erkenntnissen sind weitere Untersuchungen mit Hilfe von Umfragen durchgeführt worden.

Im Winter 1992/1993 wurde von ABEGG erstmals eine Befragung zum Thema Klimaänderung und Tourismus durchgeführt. Bislang gab es noch keine vergleichbaren Untersuchungen darüber, wie Tourismusverantwortliche mit der Problematik einer Klimaänderung umgehen; so war auch das primäre Ziel nicht die quantitative Überprüfung von Hypothesen, sondern das Spektrum der Meinungen zum Thema Klimaänderung aufzudecken (ABEGG 1996, S.107). Ziel war es also in Erfahrung zu bringen, was die Tourismusverantwortlichen von der Möglichkeit einer Klimaänderung halten, welche Konsequenzen die schneearmen Winter mit sich brachten und wie gegebenenfalls darauf reagiert wurde. Zu diesem Zweck wurden bei der Umfrage alle Kur- und Verkehrsvereine im Kanton Graubünden angeschrieben (ABEGG 1996, S.108).

Neben der Untersuchung bezüglich der touristischen Angebotsseite wurden von BÜRKI ähnliche Ansätze auch für die touristische Nachfrageseite in der Schweiz verfolgt. Dazu hat man im Winter 1996/1997 in fünf Schweizer Skigebieten Gästebefragungen durchgeführt. Die Fragestellung konzentrierte sich dabei auf folgende Schwerpunkte: Wie wird die Problematik Klimaänderung und Tourismus von den Skifahren wahrgenommen, welche Bedeutung haben die aktuellen Schneeeverhältnisse bzw. die Schneesicherheit eines Skigebiets bei der Wahl desselben, wie würde sich das Reiseverhalten bei einer Abfolge von fünf schneearmen Wintern ändern sowie welche Erwartungen von Besucherseite bei einer Abfolge von fünf schneearmen Wintern an das Skigebiet gestellt werden (BÜRKI 1998, S.155). Die Befragung wurde in den Kantonen Ob- und Nidwalden bei insgesamt 1000 Personen durchgeführt. Die Region gilt wegen ihrer Nähe zu den Ballungszentren des Schweizer Mittellandes eher noch als Ausflugs- und nicht als Ferienregion. Daher waren 62 % der befragten Personen Tagesgäste, 24 % Feriengäste und 14 % Einheimische (BÜRKI 1998, S.156).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen nun im einzelnen vorgestellt werden.

4.1.2 Zur Schneesicherheit in den Schweizer Alpen

ABEGG (1996, S.60f) gibt einen Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten zur Definition der Schneesicherheit. Zunächst muss zunächst geklärt werden, welche Aspekte eine geeignete Definition umfassen bzw. berücksichtigen soll. Hier hilft die sogenannte 100-Tage-Regel weiter. Diese besagt, dass „eine ökonomisch sinnvolle Investition in Wintersportgebieten u.a. nur dann gegeben [ist], wenn während

mindestens 100 Tagen je Saison eine Ausnützung der installierten Anlagen erwartet werden kann, was nur mit einer Schneedecke von genügender Mächtigkeit möglich ist“ (WITMER 1986, 193). In diesem Zusammenhang scheinen drei Aspekte interessant. Die 100-Tage-Regel von WITMER liefert noch keine klare Definition von Saison. Ebenso ist es notwendig zu klären, welche Schneehöhe als ausreichend angesehen wird. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob tatsächlich 100 Tage für einen rentablen Skibetrieb notwendig sind.

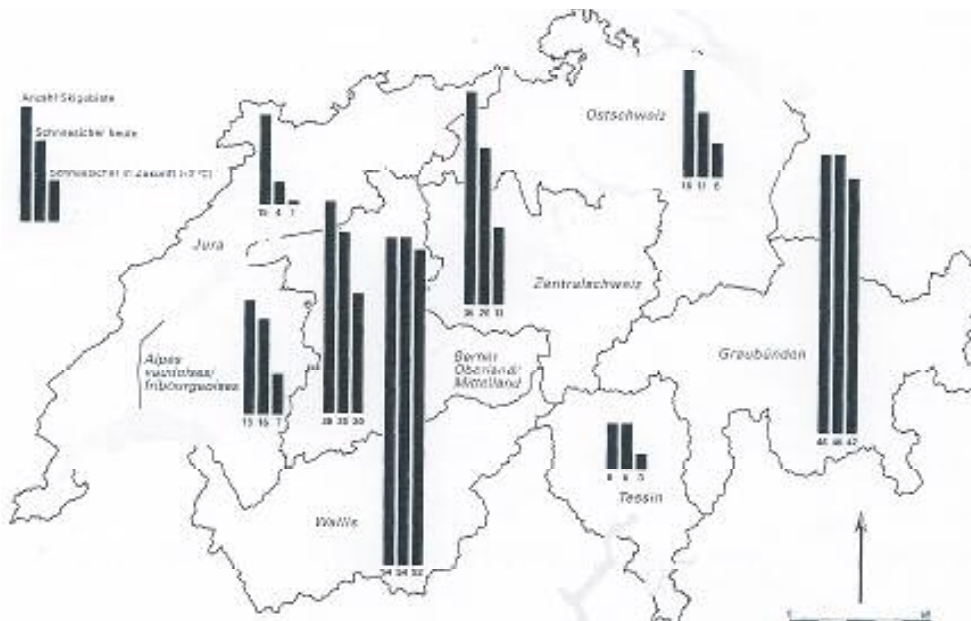
ABEGG (1996) hat die Definition von WITMER weiterentwickelt und diese dient als Grundlage für die neueren Untersuchungen gerade im Schweizer Alpenraum. So wird der Zeitraum für die Wintersaison anhand der Erfahrungswerte, wann die Skibetriebe zu Beginn einer Saison durchschnittlich ihren Betrieb aufnehmen bzw. am Ende einer Saison wieder einstellen, festgelegt. Darüber hinaus wird eine Schneehöhe von 30 cm für Ski Alpin und 15 cm für Ski Nordisch als Schwellenwert für eine ausreichende Schneedecke bestimmt. An der 100-Tage Grenze wird festgehalten, da sie als Richtgröße Aussagen über die Schneesicherheit erlaubt. ABEGG weist aber darauf hin, dass diese 100-Tage-Regel als alleiniger Indikator für die Wirtschaftlichkeit eines Skigebietes unter Umständen nicht ausreicht (ABEGG 1996, S.62). Die weiterentwickelte Definition von Schneesicherheit lautet nun wie folgt:

„Die Schneesicherheit eines Gebietes ist gewährleistet, wenn in der Zeitspanne vom 16. Dezember bis zum 15. April an mindestens 100 Tagen eine für den Skisport ausreichende Schneedecke von 30cm (Ski Alpin) bzw. 15cm (Ski Nordisch) vorhanden ist.“

Entscheidend für die im Wintertourismus tätigen Unternehmen ist nun, wie häufig die Schneesicherheit auftreten muss, damit die Rentabilität der Unternehmen auch langfristig gegeben ist. Diese Frage ist nur schwer zu beantworten, „Erfahrungen von schweizerischen Skigebieten zeigen jedoch, dass in rund 7 von 10 Wintern die Schneesicherheit gewährleistet sein muss, um das längerfristige Überleben eines Skigebietes sicherzustellen“ (ELSASSER et al 2000, S.34).

Unter Berücksichtigung der 100-Tage-Regel liegt die Höhengrenze der Schneesicherheit in der Schweiz heute bei 1200 m (FÖHN 1990, S.45f; zit. nach ELSASSER et al 2000, S.36). Somit gelten gegenwärtig 85 % der Schweizer Skigebiete

sowie 40 % der markant tiefer liegenden Einzelanlagen als schneesicher (ELSASSER et al 2000, S.36). Bei einem Erwärmungsszenario von 2°C verschiebt sich die Höhengrenze der Schneesicherheit um 300 m auf 1500 m. In diesem Fall wären nur noch 63 % der Skigebiete bzw. 9 % der Einzelanlagen schneesicher (ELSASSER et al 2000, S.36).



Quelle: Abegg & Elsasser 1996, S.740.

Abbildung 7: Die Schneesicherheit der Schweizer Skigebiete heute und in Zukunft (+2°C).

Wie anhand der Abbildung 7 zu erkennen ist, wären die niedriger gelegenen Skigebiete und Einzelanlagen des Jura, der Ost- und Zentralschweiz, des Tessin sowie der Waadtländer und Freiburger Alpen besonders betroffen, während die Gebiete im Wallis und Graubünden mit einer mittleren Höhe der Bergstationen von 2500 m nur geringfügig betroffen wären. Als Folge ist zu erwarten, dass sich der Wintersporttourismus vermehrt in höher gelegenen Regionen konzentrieren wird. Die aktuelle Klimaschwankung „wird zu einem neuen Mosaik skitouristischer Gunst- und Ungunsträume führen. [...] Tiefer gelegene Skigebiete werden als Folge des Schneemangels früher oder später aus dem Markt ausscheiden.“ (ELSASSER et al 2000, S.36-37).

4.1.3 Die schneearmen Winter Ende der achtziger Jahre und deren Auswirkungen

Die drei schneearmen Winter 1987/1988 bis 1989/1990 haben insbesondere in den Medien für Aufsehen gesorgt. Bilder von grünen Hängen und außer Betrieb stehenden Liftanlagen machten die Runde. Dennoch muss darauf hingewiesen werden, dass Perioden schneearmer Winter im Alpenraum immer wieder auftreten können (ABEGG & ELSASSER 1996, S.737). So verweisen die Autoren darauf, dass zum einen die sechziger Jahre als überdurchschnittlich schneereich gelten, zu Beginn der siebziger Jahre aber eine Phase von vier schneearmen Wintern in Serie folgte. Die sechziger Jahre sind insofern von Bedeutung, da in dieser Zeit viele Skigebiete neu erschlossen bzw. ausgebaut worden sind (ABEGG & ELSASSER 1996, S.737). Die schneearmen Winter 1987/1988 bis 1989/1990 bilden aber einen markanten Gegensatz zu den schneereichen Wintern in der ersten Hälfte der achtziger Jahre. Anhand einzelner Stationen konnte nachgewiesen werden, dass diese drei Winter die geringste Anzahl an Schneedeckentagen und das höchste bis daher gemessene Temperaturmittel aufwiesen. Lediglich das Schneehöhenmittel wurde bereits einmal in den vierziger Jahren in einem Dreijahresdurchschnitt unterboten, so dass diese Winter zwar als außergewöhnlich, nicht aber als einzigartig zu bezeichnen sind (ABEGG 1996, S.65).

Für die Schweizer Alpen konnten bislang lediglich gewisse Tendenzen, nicht aber klare Trends bezüglich der Schneedeckenentwicklung festgestellt werden, weder Beginn noch Mächtigkeit der permanenten Schneedecke haben sich im 20. Jahrhundert signifikant verändert (ELSASSER et al 2000, S.35). Für das Schweizer Mittelland, wo längere Temperaturreihen zur Verfügung stehen, sind dagegen klare Tendenzen zu einer Reduktion der Tage mit Schneebedeckung zu erkennen. So sank der Mittelwert von 60 Tagen im Zeitraum 17. Jahrhundert bis 1895 auf 46 Tage im Zeitraum 1895 bis 1987. In den Jahren 1988 bis 1994 wurden sogar lediglich 20 Tage im Mittel gemessen (ABEGG 1996, S.66).

Die Auswirkungen der schneearmen Winter waren in den betroffenen Teilbereichen sehr unterschiedlich.

- Die Umsätze der Seilbahnunternehmen sanken durchschnittlich um 20 % im Vergleich zum Winter 1986/1987, besonders betroffen waren kleinere Unternehmen in tiefer und mittlerer Höhenlage (ELSASSER et al 2000, S.35).

- Im Beherbergungsgewerbe fielen die Einbußen nicht so deutlich aus. Erst im dritten schneearmen Winter in Folge 1989/1990 sanken die Hotelübernachtungen im Berner Oberland um ca. 12 % (ABEGG 1996, S.69).
- Die Skischulen verzeichneten einen deutlichen Nachfrageeinbruch. Die Nachfrage nach Halbtageslektionen reduzierte sich im Winter 1989/1990 auf den niedrigsten Wert seit Mitte der sechziger Jahre und lag um 40 % unter dem Höchstwert aus dem Winter 1981/1982 (ABEGG 1996, S.70).
- Der Wintersportartikelmarkt musste im Winter 1989/1990 einen Umsatzrückgang von 25% im Vergleich zum Winter 1986/1987 verkraften (ELSASSER et al 2000, S.36).

Die Analyse der schneearmen Winter hat die große Schneeabhängigkeit des Wintertourismus aufgezeigt. Der Schneemangel führte vor Augen, welche Gefahren eine zu einseitige Fixierung auf schneeabhängige Angebote bergen. „Tourismusverantwortliche tun gut daran, sich mit den Folgen von Schneearmut zu befassen. Denn eines haben die schneearmen Winter gezeigt: Es besteht Handlungsbedarf“ (ABEGG 1996, S.106).

4.1.4 Ergebnisse der Studie von ABEGG

Die Möglichkeit einer Klimaänderung wird von keinem der Befragten in der Tourismusbranche in Frage gestellt. Die Mehrzahl der Befragten (62 %) haben sich auch bereits mit dem Thema Klimaänderung und Tourismus auseinandergesetzt. Von den Tourismusverantwortlichen wird sowohl die große Bedeutung als auch die ausgeprägte Schneeabhängigkeit des Wintersporttourismus erkannt.

Ein Großteil der Befragten befürwortet bei einer Klimaschwankung den vermehrten Einsatz von Beschneiungsanlagen und die Umstellung auf bodenunabhängige Transportanlagen wie z.B. Sesselbahnen. Unterschiedlich beurteilen die Befragten die Chancen einer Ankurbelung der Sommersaison, um Einbußen aus dem Winter zu kompensieren. 48 % sehen darin eine Chance, aber nahezu eben so viele (45 %) nicht.

Von den schneearmen Wintern Ende der achtziger Jahre waren etwas mehr als die Hälfte negativ betroffen. Ebenso sind 59 % der Befragten Tourismusverantwortlichen der Ansicht, dass die drei schneearmen Winter 1987/1988 bis 1989/1990 einen dauerhaften Eindruck hinterlassen haben (vgl. dazu ABEGG 1996, S.107-120). In

Sachen Klimaschwankung hat laut ABEGG eine gewisse Sensibilisierung aufgrund der eigenen Erfahrungen stattgefunden. Die einzelnen Antworten sind jedoch zum Teil sehr unterschiedlich ausgefallen und daher lassen sich nur sehr schwer Trends erkennen. „Die Umfrageergebnisse dokumentieren vielmehr, in welcher Bandbreite sich die Diskussion über die möglichen Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Tourismus bewegt“ (ABEGG 1996, S.120).

4.1.5 Ergebnisse der Studie von BÜRKI

83 % der Befragten Touristen sind der Meinung, dass eine Klimaschwankung Auswirkungen auf den Skitourismus haben wird. „Daraus kann geschlossen werden, dass eine Klimaänderung nicht nur von Tourismusverantwortlichen, sondern auch vom Großteil der Skifahrer als Problem für die Wintersportorte wahrgenommen wird“ (BÜRKI 1998, S.156).

Etwa die Hälfte (48 %) erwarten Auswirkungen im Zeitraum zwischen dem Jahr 2000 und 2030, weitere 14 % in den Jahren 2030 bis 2060, aber nur 6 % bereits vor dem Jahr 2000. BÜRKI interpretiert diese Ergebnisse so, dass einerseits Klimaänderung nicht als etwas Abstraktes wahrgenommen wird, sondern bereits in absehbarer Zeit dadurch Veränderungen hervorgerufen werden, andererseits die schneearmen Winter Ende der achtziger Jahre bereits wieder in Vergessenheit geraten sind oder aber der natürlichen Variabilität und nicht einer Klimaänderung zugeschrieben werden, da nur wenige an Auswirkungen vor dem Jahr 2000 glauben (BÜRKI 1998, S.157).

Bei der Auswertung der Ergebnisse bezüglich der Schneesicherheit bzw. aktuellen Schneeeverhältnisse zeigten sich Unterschiede in den einzelnen Skigebieten. So wurde die Schneesicherheit in den niedriger gelegenen Gebieten bei der Wahl des Skigebietes als weniger wichtig eingestuft, hingegen spielt die Schneesicherheit in den höher gelegenen Gebieten eine größere Rolle. Genau umgekehrt verhält es sich bei der aktuellen Schneesituation. Diese steht bei den tiefer gelegenen Orten im Vordergrund, da die Schneesicherheit in der Regel nicht gegeben ist. „Wenn es aber die aktuellen Schneeeverhältnisse erlauben, werden solche Skigebiete aufgesucht“ (BÜRKI, 1998, S.157).

Interessant bezüglich einer Klimaschwankung sind nun die Ergebnisse bei einer hypothetischen Abfolge von fünf schneearmen Wintern in Folge. So würden 41 % der

Befragten zwar weiter am selben Ort Ski fahren, aber rund ein Viertel davon (11 %) weniger häufig als bisher. Zudem würde nahezu die Hälfte (49 %) in ein schneesicheres Gebiet wechseln, aber auch hier 21 % weniger häufig Ski fahren. Somit würde ein Großteil der Gäste auf schneesichere Gebiete ausweichen bzw. weniger oft fahren. „Der Verlust an Gästen in den untersuchten Skigebieten wäre beträchtlich, obwohl nur wenige wirklich mit dem Skifahren aufhören würden“ (BÜRKI 1998, S.158).

Auffällig ist, dass besonders jüngere Gäste sowie Tagesgäste und weniger gute Skifahrer, die nur an wenigen Tagen im Jahr Ski fahren, in schneesichere Gebiete wechseln würden. Hingegen bleiben ältere Gäste eher am Ort, würden aber weniger häufig fahren. „Wenig schneesichere Skigebiete müssen also vor allem mit einem Rückgang an jüngeren Gästen, Tagesgästen und Skifahrern mit wenigen Skitagen im Jahr rechnen“, so BÜRKI (1998, S.158) zusammenfassend.

Bei den Erwartungen, die an ein Skigebiet bei einer Abfolge von fünf schneearmen Wintern gestellt werden, kamen sehr ausgewogene Ergebnisse zustande. So erachten 46 % der Befragten, die trotzdem weiter fahren würden, den Ausbau von künstlichen Beschneiungsanlagen für wichtig, gleichzeitig aber auch 44 % für unwichtig. Ebenfalls ausgeglichen waren die Antworten bezüglich des Ausbaus in höhergelegene Regionen. Besonders Einheimische und Vielfahrer befürworten den Ausbau von Beschneiungsanlagen, bzw. in höher gelegene Regionen, Tagesgäste sowie Gäste, die auch bei zunehmender Schneearmut am gleichen Ort bleiben werden, dagegen weniger. „Beschneigung und Ausbau in höhergelegenen Regionen des Skigebietes sind also beide keine Garantien dafür, dass die Gäste am Ort bleiben werden“ (BÜRKI, 1998, S.159).

Auch werden schneeunabhängige Angebote oder andere Attraktionen im Skigebiet nur von rund einem Drittel (35 % bzw. 31 %) der Befragten als wichtig empfunden. Diese beiden Komponenten werden den Verlust von Gästen bei zunehmender Schneearmut nicht aufhalten können. „Sie können den fehlenden Schnee nicht ersetzen, sondern höchstens bei guten Schneeverhältnissen das Angebot verbessern bzw. allgemein zu einem Imagegewinn beitragen“ (BÜRKI 1998, S.160).

Anhand der Ergebnisse von BÜRKI kann also festgehalten werden, dass bei einer möglichen Klimaschwankung und der damit erwarteten Verschlechterung der Schneesicherheit mit schwerwiegenden Auswirkungen besonders für die tiefer gelegenen Skigebiete zu rechnen ist, da die Schneesicherheit und die aktuelle Schneesituation eine entscheidende Rolle bei der Wahl des Skigebietes spielen.

4.2 Die Untersuchungen in Österreich

4.2.1 Untersuchungsmethode

In Österreich hat sich vor allem BREILING in den neunziger Jahren mit der Thematik befasst. Ziel war es, Anhaltspunkte zu gewinnen, wie sich Klimaschwankungen auf den österreichischen Wintertourismus auswirken. BREILING definiert potentielle Wintersporttage mit einem Temperaturmittel unter 0°C. Die Anzahl dieser Tage wird für verschiedene Höhen in den Ostalpen berechnet. Als Erwärmungsszenario wählt er 0,75°C, 1,5°C sowie 3°C. Da die Anzahl der potentiellen Wintersporttage nicht der tatsächlichen Anzahl entspricht, wird dieser Wert korrigiert, indem er die Anzahl der potentiellen Wintersporttage um 25-40 Tage reduziert. BREILING geht zudem davon aus, dass sich die sogenannte Wintermitte, die gegenwärtig je nach Höhenlage Mitte bis Ende Februar liegt, zukünftig zeitlich verschieben wird. Somit kann die berechnete Saisondauer unter den verschiedenen Szenarien zeitlich bestimmt werden und insbesondere ist es möglich, Perioden anzugeben, die im Zuge einer Klimaschwankung zu Beginn oder am Ende der Saison wegfallen werden (ABEGG 1996, S.49). Kritisch anzumerken ist, dass die aus Modellrechnungen abgeleiteten Überlegungen zu den verschiedenen Möglichkeiten und Notwendigkeiten von Anpassungsprozessen empirisch nicht überprüft worden sind (BÜRKI 2000, S.26).

4.2.2 Untersuchungsergebnisse

Im gewählten Untersuchungszeitraum von 1965 bis 1995 wird zwar eine Erhöhung um 0,7°C in der letzten Dekade festgestellt, diese liegt aber noch im Bereich natürlicher Schwankungen, eine mögliche anthropogene Klimaveränderung kann aus dieser Zeit nicht abgeleitet werden (BREILING 1997b, S.3).

Erhöht sich die Temperatur um 2°C bis 3°C, nimmt die Schneedeckendauer um durchschnittlich einen Monat ab und bringt in einem Zeitrahmen von 30 bis 35 Jahren verschiedene Wintersportgebiete in Bedrängnis. Eine damit verbundene Saisonverkürzung betrifft vor allem die ertragsreichen Zeiträume Weihnachten/Neujahr sowie Ostern. Ebenfalls wird eine Konzentration in höhergelegene Skigebiete erwartet, was zur Folge hat, dass vom Schneemangel betroffene Gebiete aus dem Wintersportmarkt ausscheiden oder andere mit schneeunabhängigen Angeboten das wirtschaftliche Überleben sicherstellen. Ebenso werden sich die Höhengrenzen

verschiedener Schneehöhen bei einer Klimaerwärmung nach oben verschieben. Schneehöhen die derzeit in 800 m bis 900 m vorzufinden sind, werden bei einer Erwärmung um 2°C nur noch in Höhen über 1000 m auftreten (BREILING 1997b, S.4). Die tieferliegenden Skigebiete werden überproportional von den Schneerückgängen betroffen sein. „Aufgrund der vielen relativ tiefliegenden Skigebiete wird befürchtet, dass Österreich im internationalen Vergleich, insbesondere gegenüber Frankreich und der Schweiz, speziell benachteiligt bzw. gefährdet ist“ (ABEGG 1996, S.50).

Hochgelegene Wintersportgebiete werden von einer schwachen Erwärmung zunächst profitieren, da sie einen Zuwachs aus den tieferliegenden Gebieten verzeichnen werden. Ähnlich wie bei den Ergebnissen in der Schweiz prognostiziert BREILING eine Konzentration des Wintersporttourismus auf die höhergelegenen Gunsträume (BREILING 1997a, S.62). Bei einer stärkeren Erwärmung von 3°C können jedoch auch die sogenannten Gewinnerregionen die entstehenden Verluste nicht mehr kompensieren. Aus volkswirtschaftlicher Sicht entsteht bei einer weiteren Erwärmung von 2°C auf 3°C mehr Schaden, als bei einer Erwärmung von gegenwärtig 0°C auf 2°C, da die wichtigsten Wintersportbezirke Österreichs dann ebenfalls ausfallen werden. „Langfristig ist die Aufrechterhaltbarkeit des Wintertourismus in allen Bezirken durch ein Fortschreiten der Erwärmung bedroht“ (BREILING 1997b, S.4).

Auch der Ausbau der Infrastruktur war im Untersuchungszeitraum Veränderungen unterworfen. Während zunächst der Ausbau der Liftanlagen vorangetrieben wurde, stand in der letzten Dekade der Ausbau von Beschneiungsanlagen im Vordergrund, so dass zum Zeitpunkt der Studie (1997) ca. 10 % der Pistenfläche Österreichs beschneit werden konnte (BREILING 1997b, S.6). Zukünftige Prognosen, ob dieser Trend anhält oder sich verstärkt, werden jedoch nicht gemacht.

Anschließend wurde die Klimasensibilität Wintertourismus in den österreichischen Regionen bestimmt. Sie ergibt sich aus der Kombination wirtschaftliche Bedeutung und Schneesicherheit. Die hochgelegenen Gebiete im Westen Österreichs haben die günstigsten Voraussetzungen, Adaptionstrategien sind zwar empfehlenswert, aber noch nicht zwingend erforderlich. Anders sieht dies weiter im Osten aus, wo beispielsweise Wintersportzentren wie Kitzbühel liegen. Aufgrund der niedrigeren Höhenlage und der wirtschaftlichen Bedeutung der Region ist „eine Anpassung an ein wärmeres Klima [...] nicht nur ein vordringliches regionales Anliegen, sondern hat auch nationale Bedeutung“ (BREILING 1997a, S.95).

In den weniger bedeutenden Regionen gerade in den Alpenrandgebieten hängt es davon ab, ob das Wintersportangebot bei nur kurzer Saisondauer aufrechterhalten werden soll oder nicht. Letztlich werden diese Strategien die Probleme, die mit einer Erwärmung einhergehen, nicht lösen können. Dennoch sind diese Maßnahmen „zwar bei Fortschreiten der Erwärmung nur von begrenzter Dauer, können aber für viele Jahre eine Überbrückungshilfe schaffen“ (BREILING 1997b, S.6).

Abgesehen von den höchstgelegenen Gebieten sieht BREILING die Möglichkeit, die Erwärmung bei einem Erwärmungsszenario von 2°C bis zum Jahr 2020 ausgleichen bzw. die negativen Folgen gering halten zu können. Nach 2020 könnte dies schwieriger werden, gleichzeitig werden ab diesem Zeitraum auch die hochgelegenen Gebiete im Westen Österreichs auf Adaptionmaßnahmen zurückgreifen müssen (BREILING 1997b, S.8).

4.3 Die Untersuchungen in Australien

4.3.1 Bedeutung des Wintersporttourismus

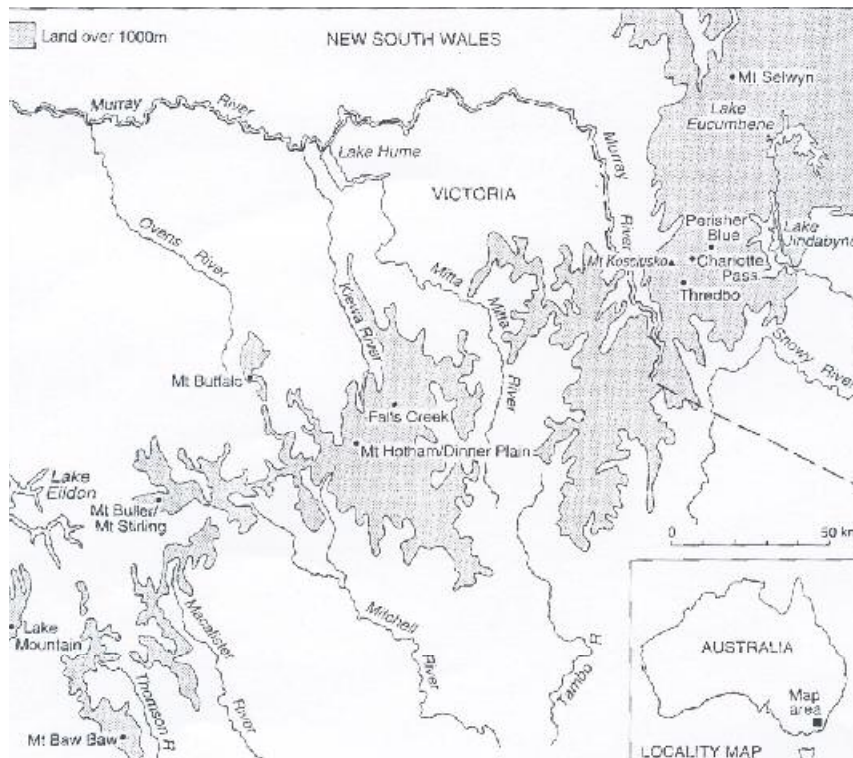
Mit Australien assoziiert man zwar zunächst nicht unbedingt Skitourismus, sondern eher das heiße Outback, den Ayers Rock etc. Dabei darf nicht übersehen werden, dass der australische Skitourismus von großer regionalwirtschaftlicher Bedeutung ist. Neueren Studien zufolge betragen die Tourismuseinnahmen in den australischen Alpen Mitte der neunziger Jahre etwa 450 Mio. A\$ (270 Mio. Euro), wobei rund 300 Mio. A\$ - also etwa zwei Drittel - im Winter erwirtschaftet werden. Ebenso schafft der Wintertourismus etwa 12.000 Arbeitsplätze (ELSASSER & KÖNIG 1996, S.478). Die häufig unterschätzte Bedeutung des Tourismus in den australischen Alpen kann anhand der Besucherzahlen aus Tabelle 2 verdeutlicht werden.

Es zeigt sich, dass die Snowy Mountains in den australischen Alpen zu den meistbesuchten Tourismusgebieten in Australien zählen und fast ähnlich hohe Besucherzahlen aufweisen, wie die zweitgrößte australische Stadt Melbourne. Ebenso ist ersichtlich, dass vermeintlich bekanntere Ziele in Australien wie der Ayers Rock oder die Urlaubsregionen an der Ostküste deutlich weniger besucht werden (KÖNIG 1996, S.479). Somit ist die vor allem durch den Binnentourismus gegebene regionale Bedeutung aufgezeigt.

Region	Australische Besucher	Internationale Besucher	Gesamt
Queensland:			
Gold Coast	2.062	693	2.755
Sunshine Coast	1.621	155	1.776
Far North (Cairns)	1.153	508	1.661
New South Wales:			
Blue Mountains	782	46	828
Hunter Valley	1.635	55	1.690
Snowy Mountains	3.094	17	3.111
Victoria:			
Philip Island	228	196	424
Melbourne	3.358	115	3.473
Goldfields	1.142	101	1.243
Northern Territory:			
Ayers Rock	114	158	272
Kakadu National Park	69	80	149
Katherine Gorge	163	49	212

Quelle: Elsasser & König 1996, S.479, leicht verändert.

Tabelle 2: Besucherzahlen (in Tausend) in bedeutenden touristischen Gebieten Australiens.



Quelle: König 1999, S.148.

Abbildung 8: Die Australischen Skigebiete.

Ort	Höhen- differenz	Max. Höhe (m ü. NN)	Techn. beschneite Fläche	Größe Skigebiet (ha)	Transport- kapazität (Pers./Std.)	Langlauf- loipen (km)
New South Wales:						
Thredbo	670	2.037	55	163	17.100	---
Perisher-Smiggin	370	2.054	16	948	30.000	77
Blue Cow-Guthega	390	1.986	30	130	16.800	28
Mt. Selwyn	120	1.601	5	22	10.000	35
Charlotte Pass	150	1.980	---	45	2.000	---
Victoria:						
Mt. Buller	410	1.790	10	162	38.500	11
Falls Creek	360	1.780	10	145	23.000	0
Mt. Hotham	400	1.868	---	43	11.700	22
Mt. Baw Baw	115	1.563	25	25	6.000	7.5
Mt. Buffalo	160	1.595	4	27	5.000	16
Lake Mountain	---	---	---	---	---	27
Stirling	---	---	---	---	---	70

Quelle: Elsasser & König 1996, S.478, leicht verändert.

Tabelle 3: Wichtigste Kennzahlen der australischen Skigebiete.

Betrachtet man nun die naturräumlichen Voraussetzungen für den australischen Skitourismus, so lassen sich leicht die damit verbundenen Probleme und Risiken auch in Anbetracht möglicher Klimaschwankungen aufzeigen. 1995 zählte man zwölf Skigebiete in Australien. Diese verteilen sich, wie in Abbildung 8 zu sehen, auf die Snowy Mountain Region im Südwesten von New South Wales sowie weiter verstreut im Bundesstaat Victoria (KÖNIG 1999, S.148). Ebenso ist aus Tabelle 3 ersichtlich, dass die absolute Höhe der Skigebiete etwa zwischen 1500 m und 2000 m liegt.

Berücksichtigt man nun noch die geographische Lage der Region – die Skigebiete liegen vergleichsweise etwa auf der Höhe Südspaniens – und die damit verbundene erhöhte Sonneneinstrahlung sowie die relativ hohen Temperaturen, so zeigt sich die Anfälligkeit der Region auf die Variabilität des Klimas sowie einer möglichen Klimaschwankung. Diese Rahmenbedingungen machen die Region als Vergleichsobjekt interessant. Mildere und schneeärmere Winter wirken sich möglicherweise ähnlich auf die Skigebiete Australiens aus wie in den deutschen Mittelgebirgen, beiden fehlt die Ausweichmöglichkeit in die Höhe.

4.3.2 Untersuchungsmethoden

GALLOWAY (1988) untersucht die Auswirkungen von Klimaschwankungen auf die Dauer der Schneebedeckung in den Australischen Alpen mit Hilfe von Temperatur- ($-0,75^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) und Niederschlagsgradienten ($150\text{ mm}/100\text{ m}$). Das zugrundeliegende Szenario beinhaltet eine Temperaturveränderung von $\pm 2^{\circ}\text{C}$ sowie eine Niederschlagsveränderung von $\pm 20\%$.

Die Szenariobedingungen $+2^{\circ}\text{C}$ und -20% Niederschlag bzw. -2°C und $+20\%$ Niederschlag, also einer Art „worst-case“- und „best-case“-Szenario treten bei den heutigen Bedingungen 267 m unterhalb bzw. oberhalb einer bestimmten Höhe auf. Gleiches gilt auch für die Schneedeckendauer. Tritt also entweder das „worst-case“-Szenario oder das „best-case“-Szenario ein, so wird sich die derzeit in einer bestimmten Höhe vorherrschende Schneedeckendauer um 267 m nach oben oder unten verschieben (ABEGG 1996, S.46).

Das Modell von GALLOWAY ist von HAYLOCK (1994) weiterentwickelt worden, insbesondere werden nun noch Daten aus einer zwanzigjährigen Messreihe integriert, sodass nicht nur die durchschnittliche Dauer der Schneebedeckung modelliert werden kann, sondern auch deren Variabilität (ABEGG 1996, S.47). Darüber hinaus werden als „best-case“-Szenario für die Jahre 2030 und 2070 eine Temperaturerhöhung von $0,5^{\circ}\text{C}$ bis 2°C sowie $+10\%$ Niederschlag angenommen, im „worst-case“-Szenario eine Temperaturerhöhung von 1°C bis 5°C sowie -20% Niederschlag.

KÖNIG (1998) untersucht gezielt mögliche Auswirkungen auf den Skitourismus in Australien. Er widmet sich im ersten Teil seiner empirischen Arbeit der Nachfrageseite und ist somit „...der erste Autor, der mit Hilfe einer Gästebefragung untersucht, wie Wintertouristen eine Klimaänderung wahrnehmen und wie sie auf eine Klimaänderung reagieren würden“ (BÜRKI 2000, S.24). Die Gästebefragung wurde in den drei größten Skigebieten von New South Wales 1996 durchgeführt. Ziel war es herauszufinden,

- wie die Skifahrer in den australischen Skigebieten ihr Reiseverhalten bei einer Klimaänderung anpassen würden
- welche Faktoren die Touristen bei der Skigebietswahl als wichtig erachten, wenn es zu einer Zunahme schneearmer Winter kommen würde
- ob Skifahrer eine Klimaänderung als Gefahr für den Skitourismus in Australien wahrnehmen (BÜRKI 2000, S.66).

Im zweiten Teil seiner Studie untersucht KÖNIG die Angebotsseite. Mittels Interviews mit Tourismusmanagern untersucht er die Wahrnehmung von Klimaschwankungen durch die Tourismusindustrie und diskutiert mögliche Anpassungsstrategien (BÜRKI 2000, S.24).

4.3.3 Untersuchungsergebnisse

Zunächst wandelt KÖNIG die Definition der Schneesicherheit für australische Skigebiete ab. Erfahrungen zeigen, dass in Australien auch bei vergleichsweise ungenügenden Schneeverhältnissen noch Ski gefahren wird. Die Definition der Schneesicherheit in Australien lautet daher wie folgt:

„An Australian ski field is considered as being snow-reliable if it has at least 60 days of snow-cover during the ski season (i.e. between the June long weekend (first weekend in June) and the October long weekend (first weekend in October).“
(KÖNIG 1998, S.113)

„In einem wärmeren Klima werden sich die schon heute teilweise kritischen Schneeverhältnisse in den australischen Skigebieten weiter verschlechtern“ (ABEGG 1996, S.47). In der folgenden Tabelle findet man die Ergebnisse von HAYLOCK (1994) dargestellt.

Ort	Höhe (m ü NN)	Anzahl der Schneetage		
		Heute	2030	2070
Mt. Baw Baw	1563 m	54	1 – 35	0 – 20
Mt. Buffalo	1723 m	113	40 – 103	0 – 92
Falls Creek	1640 m	112	36 – 99	0 – 87
Mt. Hotham	1860 m	134	66 – 126	0 – 115
Lake Mountain	1433 m	27	0 – 15	0 – 6
Mt. Buller	1804 m	126	49 – 114	0 – 101

Quelle: Elsasser & König 1996, S.484.

Tabelle 4: Anzahl der Schneetage an ausgewählten Stationen heute und in Zukunft.

Auffällig ist die große Spannweite, in der sich die Ergebnisse bewegen. Ebenfalls sichtbar werden die deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Skigebieten. Gemäß der verwendeten Definition von Schneesicherheit in Australien erfüllen acht von neun Skigebieten derzeit dieses Kriterium deutlich, eines nur sehr knapp. Bei der künftigen Schneesicherheit in den Jahren 2030 bzw. 2070 erfüllen im „best-case“-Szenario nur noch fünf Skigebiete die Voraussetzungen, im „worst-case“-Fall keines der Gebiete.

KÖNIG zeigt im zweiten Teil seiner empirischen Studie, dass „die Tourismusindustrie einer Klimaänderung wenig bis gar keine Beachtung schenkt, dass sie aber wirtschaftliche Einbußen aufgrund von Medienberichten über die globale Erwärmung befürchtet“ (BÜRKE 2000, S.25). Zwar soll die Schneeabhängigkeit nach Meinung der Manager reduziert werden, unternommen aber wird diesbezüglich nur wenig. Bereits heute wird sehr viel im Bereich der technischen Sicherung mittels Beschneiungsanlagen investiert, im Rahmen einer Klimaänderung würden diese Kosten aber weiter steigen und für tiefergelegene Skigebiete nicht mehr tragbar sein. „Zu erwarten ist ein Konzentrationsprozess des Skitourismus auf die höchstgelegenen und damit schneesichersten Gebiete. Die tieferliegenden Gebiete [...] werden aus dem Markt ausscheiden“ (KÖNIG 1996, S.484).

Anhand der Gästebefragungen wird ersichtlich, dass eine Klimaschwankung große Auswirkungen auf die Struktur der touristischen Nachfrage und die Frequenz in den australischen Skigebieten hat.

- (1) Bei einer Zunahme von schneearmen Wintern würden die Skigebiete 44 % ihrer Gäste verlieren, 31 % würde weniger oft fahren und nur ein Viertel gleich oft in Australien fahren. Besonders die Alpinskifahrer und Snowboarder würden in Gebiete außerhalb Australiens abwandern.
- (2) 89 % der Befragten erachten den Ausbau von Beschneiungsanlagen bei einer Zunahme schneearmer Winter als wichtig. Dagegen werden andere Maßnahmen wie der Ausbau höhergelegener Skigebiete (53 %) oder schneeeunabhängige Angebote (31 %) als weniger wichtig angesehen.
- (3) 78 % der Befragten glaubt, dass eine Klimaänderung den Skitourismus in Australien gefährden wird, ein Zeichen dafür, dass die Klimaänderung von den Skifahrern als großes Problem wahrgenommen wird.

„Dieses Problembewusstsein ist weitaus größer als dasjenige der Tourismusverantwortlichen der australischen Skistationen. [...] Die Umfrage zeigt deutlich, dass diese Anpassungsprozesse zu beträchtlichen Veränderungen der touristischen Nachfrage führen werden, welche von Seiten der Tourismusindustrie nicht vernachlässigt werden sollten“ (BÜRKI 2000, S.67).

4.4 Untersuchungen in deutschen Mittelgebirgen

Die Problematik Klimaschwankungen und Wintersporttourismus ist gerade in den letzten Jahren in den deutschen Mittelgebirgsräumen ein aktueller Untersuchungsgegenstand geworden. So haben NEUMEISTER & REGBER (1993) die Schneesicherheit im oberen Westerzgebirge und oberen Vogtland anhand der Interpretation einer Messreihe der täglichen Schneehöhe untersucht. Sie analysieren Auftreten und Häufigkeit von Schneehöhen mit mehr als 1 cm, 15 cm und 30 cm Höhe. Sie benutzen somit die gleichen Richtwerte wie auch in den übrigen vorgestellten Studien.

In der untersuchten Station Carlsfeld-Weiterswiese (921 m) liegt etwa ab Weihnachten bis Anfang April in mindestens acht von zehn Jahren Schnee. In jedem zweiten Jahr findet man durchschnittlich 15 cm Schnee und damit ausreichend Schnee für den nordischen Skisport bereits an Weihnachten vor. Die für Alpin Ski notwendigen 30 cm werden dagegen nur in drei von zehn Jahren bereits Weihnachten erreicht. Von Mitte Januar bis Mitte März liegt diese Höhe dann in mindestens sieben von zehn Wintern vor, eine Schneedecke von 15 cm tritt sogar von Anfang Januar bis Anfang April in mindestens 70 % der Fälle auf. NEUMEISTER & REGBER zeigen sowohl die große Variabilität der jährlichen Schneedecke auf, wie auch die deutlich unterschiedlichen Schneedeckenhäufigkeiten in niedriger gelegenen Vergleichsstationen (NEUMEISTER & REGBER, 1993, S.6-10). Die Autoren arbeiten ebenfalls heraus, dass nach 1986 die Schneesicherheit vor allem im Januar und Februar deutlich absinkt, nicht einmal in jedem zweiten Winter wird ausreichend Schnee für nordischen Skisport vorgefunden. Auch sinken die Häufigkeitswerte im März in diesem Zeitraum markant ab (NEUMEISTER & REGBER 1993, S.14).

Im Auftrag des bayerischen Umweltministeriums ist die Schneesicherheit des Fichtelgebirges analysiert worden. Zwar ist die Studie bislang noch nicht veröffentlicht, vorab sind aber erste Ergebnisse bekannt geworden. Die Schneegrenze wird sich

demnach in merklich höhere Regionen verlagern. Dies hat zur Folge, dass bis zum Jahr 2050 beispielsweise Orte wie Warmensteinach, Bischofsgrün und Fichtelberg keine Wintersportorte mehr sein werden. Im Jahr 2100 wird nach dieser Studie nur noch in den absoluten Hochlagen am Ochsenkopf (1024 m) Wintersport möglich sein, während zum Vergleich der Ort Weidenberg (500 m) in den neunziger Jahren noch als snowsicherer Wintersportort im Fichtelgebirge galt (SCHNAPPAUF 2002, S.2).

Seit dem Jahr 2000 untersucht das Projekt KLISCHEE (Klimavariabilität und Schneedecke in deutschen Mittelgebirgen) Veränderungen bezüglich der Schneedecke in deutschen Mittelgebirgen. Ziel des Projektes ist es, dynamische Zusammenhänge der winterlichen Schneedecke mit den steuernden Klimafaktoren zu untersuchen. Darüber hinaus gilt es Aussagen über mögliche Veränderungen der Schneedeckenhäufigkeit und Schneedeckendauer unter Berücksichtigung von Klimawechselszenarien zu gewinnen. Da immer kleinere Skigebiete in deutschen Mittelgebirgen ihren Standort durch künstliche Beschneigung zu sichern versuchen, ist ein weiteres Ziel des Projektes in diesem Zusammenhang die potentiellen Beschneigungsmöglichkeiten eines Gebietes aus klimatologischer Sicht zu erstellen (www.geographie.uni-freiburg.de/ipg/forschung/projekt/klischee/change_frame.php, Zugriff 02.12.2003). Wie für die Studie im Fichtelgebirge gilt auch hier, dass ein Großteil der Ergebnisse noch nicht zugänglich ist, aber auch hier sind einzelne Ergebnisse speziell für den Schwarzwald bereits vorgestellt worden.

Für den Schwarzwald wurde noch einmal konkret nachgewiesen, dass die Wintermitteltemperaturen im Vergleich zu den Jahreswerten schneller ansteigen. Da der Schwarzwald in der wärmsten Region Deutschlands liegt, wird die Schneedeckendauer in diesem Mittelgebirge bei steigenden Temperaturen am ehesten negativ beeinflusst (SCHÖNBEIN & SCHNEIDER 2003, S.1). Die zukünftige Schneedeckenbedeckung ist mit Hilfe der IPCC-Modelle zur Temperaturentwicklung prognostiziert worden. Dementsprechend wird sich die Schneedeckendauer mit einer Höhe von mindestens 10 cm bis zum Jahr 2025 im Schwarzwald pro Wintersaison um etwa 20 Tage reduzieren. Gleichzeitig wird in Lagen unter 800 m diese Schneehöhe nur noch an weniger als 40 Tagen überschritten werden. In den Höhenlagen ist mit einer Reduktion der Schneedeckendauer dieser Höhe um bis zu einem Drittel zu rechnen (SCHÖNBEIN & SCHNEIDER 2003, S.2). Aufgrund dieser Prognosen sind Alternativmaßnahmen, allen voran der Einsatz von Beschneiungsanlagen, diskutiert worden. Da die Effektivität von Beschneiungsanlagen u.a. von der Luftfeuchtigkeit abhängig ist, kommen die

Autoren zu dem Ergebnis, dass „the conditions for operating artificial snow production units are much better within more continental toned climates in the east of Germany than in the southern and western parts of the country“ (SCHÖNBEIN & SCHNEIDER 2003, S.2).

Die hier aufgezeigten Prognosen lassen den Schluss zu, dass sich die Wintersportbedingungen in deutschen Mittelgebirgen bereits in absehbarer Zeit weiter verschlechtern werden. Um einen genaueren Einblick in die gegenwärtige Situation zu bekommen, wird nun der Masterplan Wintersport im Sauerland vorgestellt.

4.5 Der Masterplan Wintersport im Sauerland und Siegerland-Wittgenstein

4.5.1 Untersuchungsmethode

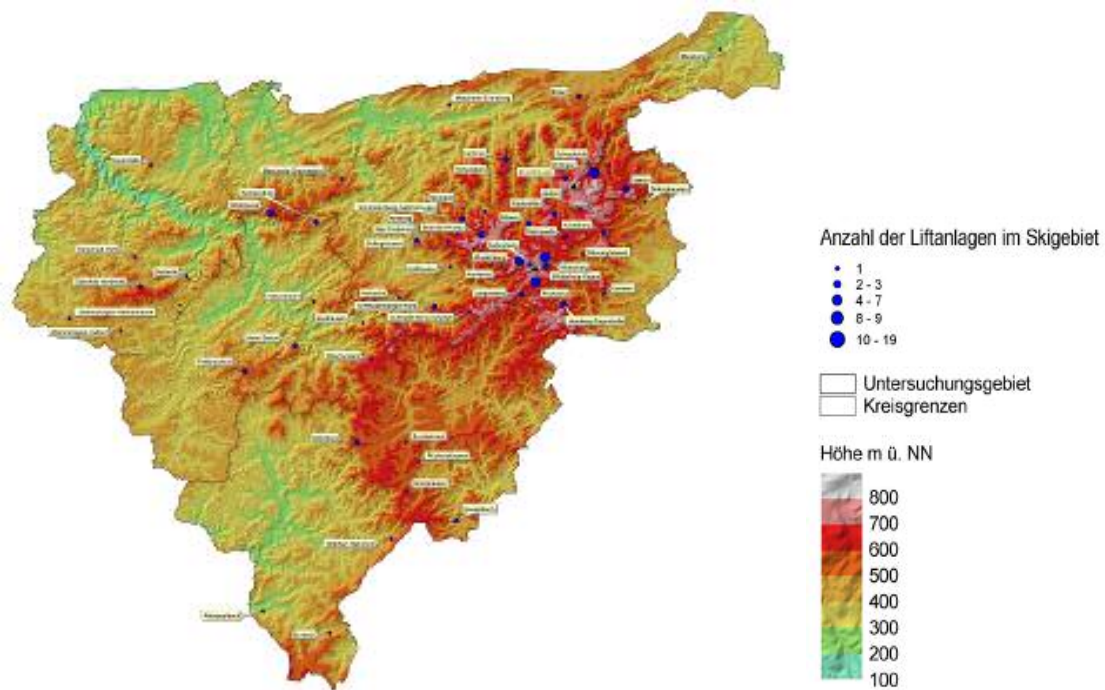
Beim Masterplan Wintersport im Sauerland handelt es sich um ein Projekt, dessen Ziel es ist, den Bestand an infrastrukturellen Einrichtungen im Bereich Wintersport in der Region zu erfassen und zu analysieren. Ebenso erfolgt eine Erhebung zu den landschafts- und naturbezogenen Rahmenbedingungen um letztlich Entwicklungspotentiale sowie Lösungen für die nachhaltige und effektive Sicherung der Wintersportregion aufzeigen zu können (ROTH et al 2001a, S.3).

Aufgrund von Daten, die aus dem Sportstättenplan vom Westdeutschen Skiverband stammen, mittels Befragungen und Expertengesprächen mit Lift- und Loipenbetreibern sowie Klimadaten aus der Untersuchungsregion im Zeitraum 1989 bis 2000 wird der Aufbau einer GIS-Datenbank vorgenommen, mit deren Hilfe anschließend die Analyse und Bewertung der Region erfolgt (ROTH et al 2001a, S.15).

4.5.2 Ergebnisse

Das Wintersportgebiet Rothaargebirge und Sauerland erreicht mit dem Kahlen Asten (841 m) und dem Langenberg (843 m) seine höchsten Erhebungen. Dennoch liegen insgesamt nur rund 10 % des Gebietes oberhalb von 600 m. Der Großteil der Region liegt auf einer Höhe zwischen 300 m und 600 m. Die von den klimatischen Bedingungen her am besten geeigneten Hochlagen nehmen in der Region eine eher kleine Fläche ein (ROTH et al 2001a, S.26).

So befinden sich nur ein Drittel der Talstationen der 148 Lifтанlagen (vgl. Kapitel 2) in Lagen oberhalb von 650 m. Weitere 45 % sind in Lagen zwischen 500 m und 650 m, die restlichen 22 % unterhalb von 500 m vorzufinden. Von Vorteil ist, dass fast zwei Drittel der Pisten in nördlicher Exposition „und damit für Mittelgebirgsverhältnisse in einer günstigen Lage“ sind (ROTH et al 2001a, S.62).



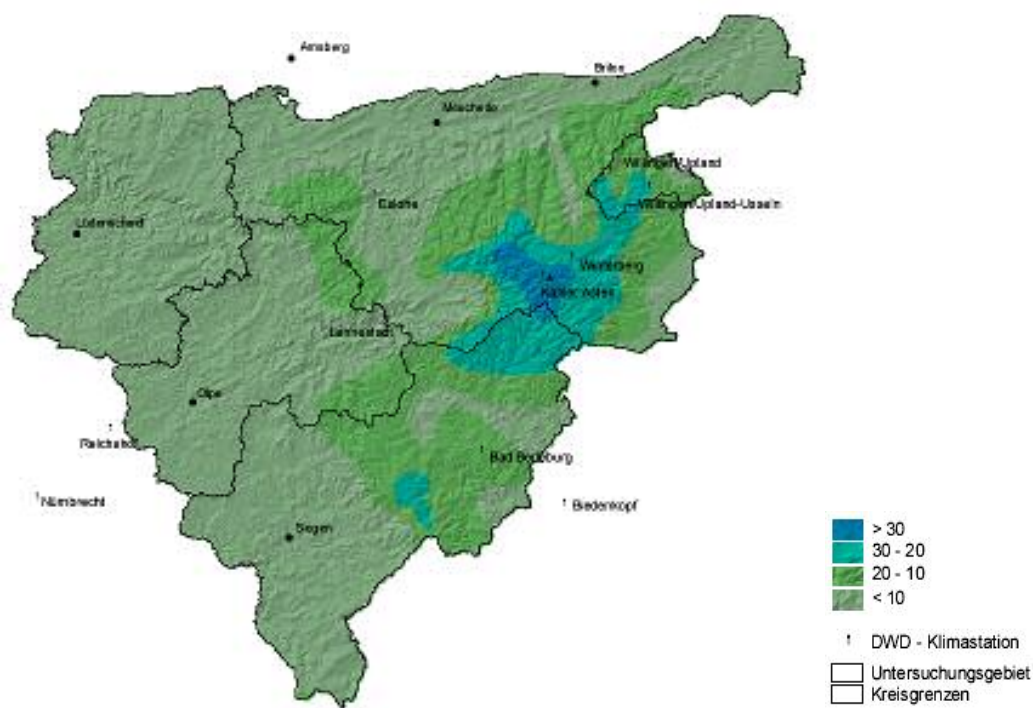
Quelle: ROTH et al 2001a, S.63.

Abbildung 9: Skigebiete im Rothaargebirge/Sauerland.

Um das klimatologische Potential zu erfassen, sind sowohl Liftdaten als auch Klimadaten des vergangenen Jahrzehnts herangezogen worden. Als Mindestschneehöhe ist von ROTH et al 20 cm angesetzt worden, aus den Ergebnissen geht aber hervor, dass durchaus auch bei geringerer Schneehöhe die Lifte in Betrieb genommen werden. Keine der Stationen weist im Schnitt mehr als 60 Betriebstage pro Saison auf, oft werden sogar weniger als 40 Betriebstage erreicht (ROTH et al 2001a, S.76). Jedoch ist diese Anzahl von Betriebstagen noch nicht ausreichend für die Rentabilität eines Skigebietes. Wie bei den Untersuchungen in der Schweiz und in Australien (vgl. Kapitel 4.1 und 4.3) gilt es daher auch für diese Region eine Definition der Schneesicherheit zu bestimmen. ROTH et al (2001a, S.76) schlagen folgendes dazu vor:

„Aus betriebswirtschaftlichen Berechnungen heraus lässt sich für den alpinen Skisport eine Zahl von durchschnittlich 80 Betriebstagen in der Saison ableiten, die für den wirtschaftlichen Erfolg eines Skigebiets bzw. einer Liftanlage auf jeden Fall erreicht werden muss.“

In einem Mittelgebirgsraum wie dem Rothaargebirge/Sauerland ist noch zu berücksichtigen, dass sich die Besucher häufig auf wenige Wochenenden mit optimalen Wintersportbedingungen und die Ferienzeiten konzentrieren. In dieser Zeit wird nicht selten bis zu 80 % des Umsatzes erwirtschaftet (ROTH et al 2001a, S.76).



Quelle: ROTH et al 2001a, S.47.

Abbildung 10: Schneedeckendauer mit einer Schneehöhe von mehr als 20 cm im Rothaargebirge/Sauerland.

Anhand der Ergebnisse, welche aus den Betriebszeiten und der Klimaanalyse gewonnenen wurden, lässt sich die Schneesicherheit in diesem Gebiet als der limitierende Faktor bestimmen. Es ist daher von Interesse, welche Möglichkeiten bestehen, um diesen Faktor zu verbessern. In Folge dessen ist das Beschneigungspotential der Region näher untersucht worden. Die Analyse ergibt ein höchstes Potential von Beschneigungszeiten in den Monaten Dezember bis Februar. In dieser Zeit sind monatlich sieben bis neun Beschneigungstage bzw. 170 bis 220 Stunden

zu erwarten. Für die gesamte Saison liegt daher ein relativ gutes Beschneigungspotential mit durchschnittlich über 20 Tagen bzw. 480 Stunden vor; am Kahlen Asten steigt das Potential sogar bis auf 1700 Stunden (ROTH et al 2001a, S.80).

Die künstliche Beschneigung ist aber nicht uneingeschränkt möglich. Eine effiziente Nutzung ist nur bei bestimmten Witterungsverhältnissen möglich. So muss die Temperatur entsprechend niedrig und gleichzeitig die relative Luftfeuchtigkeit gering sein. Die optimale Temperatur wird über die sogenannte Feuchtkugeltemperatur bestimmt, diese liegt bei -4°C . Die Feuchtkugeltemperatur stimmt bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 % mit der Lufttemperatur überein, ist die Luftfeuchte geringer, so liegt die Lufttemperatur vergleichsweise höher (ROTH et al 2001a, S.77). Von der internationalen Alpenschutzkommission CIPRA (1989, S.6) wird in diesem Zusammenhang eine Lufttemperatur von -2°C und eine relative Luftfeuchte von 65 % als Grenzwerte für einen lohnenden Einsatz von Beschneiungsanlagen angesetzt. Ein optimaler Einsatz kann bei Temperaturen unter -5°C erreicht werden. Vergleicht man nun diesbezüglich die realen Bedingungen in der Region, so zeigt sich, dass beispielsweise in Winterberg die relative Luftfeuchte häufig über 90 % liegt und daher optimale Voraussetzungen nur selten gegeben sind (ROTH et al 2001a, S.77). Diese Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen von SCHÖNBEIN & SCHNEIDER (vgl. Kapitel 4.4).

Dennoch leiten die Autoren des Masterplans folgende Aussagen für einen sinnvollen Einsatz von Beschneiungsanlagen ab (ROTH et al 2001a, S.83):

- Nur in Gebieten, die schon höchste natürliche Schneesicherheit haben, ist eine deutliche Erhöhung der Betriebstage möglich. „Aufgrund der sehr unterschiedlichen klimatologischen Voraussetzungen zwischen den einzelnen Jahren können aber auch in diesen höchsten Lagen Beschneiungsanlagen keine absolute Schneegarantie gewährleisten.“
- Effektive technische Schneeerzeugung kann wegen möglichen schlechten Jahren nur durch groß dimensionierte Anlagen erreicht werden, besonders im Hinblick auf Schneesicherung zu bestimmten Terminen wie Wochenende, Ferien, oder Veranstaltungen.
- Die Kosten eines Neubaus moderner Beschneiungsanlagen betragen zwischen 60.000 und 75.000 Euro je 100 m beschneiter Pistenlänge, zusätzlich sind noch

Auch wird die Erschließung neuer Skigebiete abgelehnt, da bereits heute sehr viele Anlagen vorhanden sind. Ziel muss daher sein, das bestehende Angebot zu optimieren. Dazu ist zu berücksichtigen, dass sich die Hauptnachfrage auf wenige Termine konzentriert. „Ein erfolgreicher Betrieb der Wintersporteinrichtungen in diesem deutschen Mittelgebirge benötigt die Gewährleistung von optimalen Wintersportbedingungen an den Wochenenden sowie zu den Ferienzeiten um Neujahr und Karneval“ (ROTH et al 2001a, S.108).



Quelle: www.skiliftkarussell.de/deframe.htm (Zugriff: 28.11.2003).

Abbildung 12: Die neu errichteten Beschneiungsanlagen sind bei Bedarf Tag und Nacht im Einsatz, um gerade zu Spitzenzeiten am Wochenende möglichst optimale Skibedingungen sicher zu stellen.

Die Autoren halten daher folgende Ergebnisse fest:

- Die Schneesicherheit für den Wintersport kann ohne technische Beschneigung nicht gewährleistet werden, vor allem im Hinblick auf eine durchschnittliche Anzahl von 80 Betriebstagen pro Saison.

- Der Untersuchungsraum ist intensiv durch skisportliche Anlagen erschlossen, die Konzentration ist in höchsten Lagen vorhanden, die Modernisierung ist ausbaufähig.
- Der Einsatz von Beschneiungsanlagen ist für die Investitionssicherheit der Modernisierungsmaßnahmen unabdingbar (ROTH et al 2001a, S.111).

Auf Grundlage des Masterplans soll die Region Rothaargebirge/Sauerland in den kommenden fünf Jahren zur führenden Wintersportregion unter den deutschen Mittelgebirgen entwickelt werden (SCHWANHOLD 2001, S.1). Zumindest die Ergebnisse der vergangenen Saison sprechen für den erfolgreichen Ansatz dieses Konzeptes. So konnten im Pilotprojekt Skigebiet Postwiese von Mitte Dezember 2002 bis Mitte März 2003 nahezu ununterbrochen Wintersportmöglichkeiten angeboten werden, insgesamt wurde mit mehr als 90 Betriebstagen der Grenzwert von 80 Betriebstagen deutlich überschritten. Sowohl die Besucher- als auch die Übernachtungszahlen sind um etwa 50 % gestiegen, wobei zwei Drittel der Saisontage ausschließlich durch die neue Beschneiungsanlage im Skigebiet Postwiese gesichert wurden (SCHARTAU 2003, S.1).



Quelle: www.postwiese.de (Zugriff 02.12.2003)

Abbildung 13: Das Skigebiet Postwiese Anfang Dezember 2003: Bislang waren die Temperaturen in diesem Winter zu hoch, weder lag natürlicher Schnee, noch konnten die Beschneiungsanlagen in Betrieb genommen werden

Dennoch weist die Projektkonzeption für die zukünftige Entwicklung eine entscheidende Schwäche auf. Der Masterplan wurde unter der Annahme erstellt, dass

sich die klimatischen Bedingungen in den nächsten zehn bis zwanzig Jahren im Vergleich zum Zeitraum 1990 bis 2000 nicht ändern werden (ROTH et al 2001b, S.77). In Kapitel 3.3 wurde jedoch auf die derzeit gültigen Klimaszenarien hingewiesen, so dass mit einem Anstieg der Temperaturen speziell im Winter zu rechnen ist. Diese werden in der gesamten Studie nicht berücksichtigt. Wie lange daher das klimatologische Raumpotential für den erfolgreichen Einsatz von Beschneiungsanlagen bei einer Temperaturerwärmung in der Wintersportregion noch gegeben ist, wird nicht beantwortet. Ebenso ist fraglich in wie weit die Empfehlungen des Masterplans bei veränderten klimatischen Bedingungen noch umsetzbar sind. Welche Maßnahmen bei einer Verschlechterung der Rahmenbedingungen zu ergreifen bzw. überhaupt noch möglich sind, wird ebenfalls nicht erörtert.

4.6 Fazit

Die vorgestellten Studien haben gezeigt, dass die Thematik kein regional begrenztes Phänomen, sondern ein international untersuchtes Themenfeld ist. Bei einer weiteren Erwärmung werden viele der Skigebiete in unteren und mittleren Lagen vor großen Problemen stehen. Die meisten niedriggelegenen Skigebiete im Alpenraum werden künftig nicht mehr schneesicher sein. Gleiches trifft auf die Skigebiete in Australien zu. Auch im deutschen Mittelgebirgsraum wird die Sicherung des Wintersports in Zukunft immer schwieriger. Alle diese Gebiete verfügen nicht über Ausweichmöglichkeiten in höhergelegene Regionen. Als oftmals einzige Lösung zur Sicherung des Skisports wird der vermehrte Einsatz von Beschneiungsanlagen gesehen, um die Schneesicherheit zu gewährleisten.

Bezüglich der Schneesicherheit zeigt sich, dass es keine einheitliche Begriffsbestimmung gibt. Je nach Region und den damit verbundenen spezifischen Gegebenheiten werden unterschiedliche Richtwerte angesetzt. In den deutschen Mittelgebirgen schwanken die Werte bei der Schneedecke zwischen 10 cm und 20 cm, als Richtgröße kann daher etwa 15 cm herangezogen werden. Dies entspricht dem Grenzwert für Ski nordisch in den Studien im Alpenraum.

In allen Regionen waren die Auswirkungen schneearmer Winter bereits zu spüren und sowohl Tourismusverantwortliche als auch Touristen sind sich der Problematik einer Klimaschwankung bewusst.

Kapitel 5: Analyse der wintersportrelevanten Klimaparameter

5.1 Untersuchungsmethoden

Entscheidend für den Wintersport ist in erster Linie das Vorhandensein einer Schneedecke in bestimmter Höhe und in einer bestimmten Häufigkeit im Winter. Daher wird im Folgenden einerseits untersucht, inwiefern Klimaelemente die Höhe und die Häufigkeit einer Schneedecke beeinflussen, andererseits wird eine Analyse der Schneedecke vorgenommen. Die Analyse umfasst den Zeitraum von 1961 bis 2000. Damit liegt der Untersuchung die derzeit gültige Klimanormalperiode von 1961 bis 1990 zugrunde und es können Auffälligkeiten innerhalb dieser Periode aufgezeigt werden. Ebenso beinhaltet der Zeitraum die Dekade 1991 bis 2000, die als wärmstes Jahrzehnt seit Beginn der Temperaturaufzeichnungen gilt.

Im Zeitraum von 1961 bis 2000 werden zunächst die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse analysiert. Ziel ist es, Regelmäßigkeiten, Auffälligkeiten und Unterschiede in diesem Zeitraum herauszuarbeiten. Für die Fragestellung sind in erster Linie Aussagen über die Winterverhältnisse interessant, daher werden die Wintermonate Dezember, Januar und Februar betrachtet. Die gewonnenen Ergebnisse einzelner Wintermonate lassen nur bedingt einen Schluss auf die Situation des gesamten Winters zu, beispielsweise kann von einem kalten Januar nicht unbedingt auf einen kalten Winter geschlossen werden. Daher werden die Werte der drei Monate Dezember, Januar und Februar als Wintermittelwerte zusammengefasst, um die Situation im jeweiligen Winter möglichst präzise zu beschreiben.

Bezüglich der Temperaturen werden folgende Parameter berücksichtigt: Tagesmitteltemperaturen, Anzahl der Frosttage ($\min < 0$) sowie Dauerfrosttage ($\max < 0$). Bezüglich der Niederschläge werden die Niederschlagsmenge in mm sowie die Anzahl der Tage mit Schneefall betrachtet.

Mit Hilfe einer multiplen Regressions- und Korrelationsanalyse wird gezeigt, dass die Auswahl dieser Indikatoren für das Vorhandensein einer Schneedecke von großer Bedeutung ist, da ein beträchtlicher Teil der Varianz bezüglich der Schneedecke durch die Varianzen der Indikatoren erklärt werden kann.

Die anschließende Analyse der Schneedeckenverhältnisse erfolgt anhand folgender Parameter: Anzahl der Tage mit geschlossener Schneedecke (Schneetage) sowie Anzahl der Tage mit einer bestimmten Schneehöhe, die für den Wintersport erforderlich ist. Nicht zu vergessen ist in diesem Zusammenhang auch die Häufigkeit des Auftretens einer solchen Schneedecke.

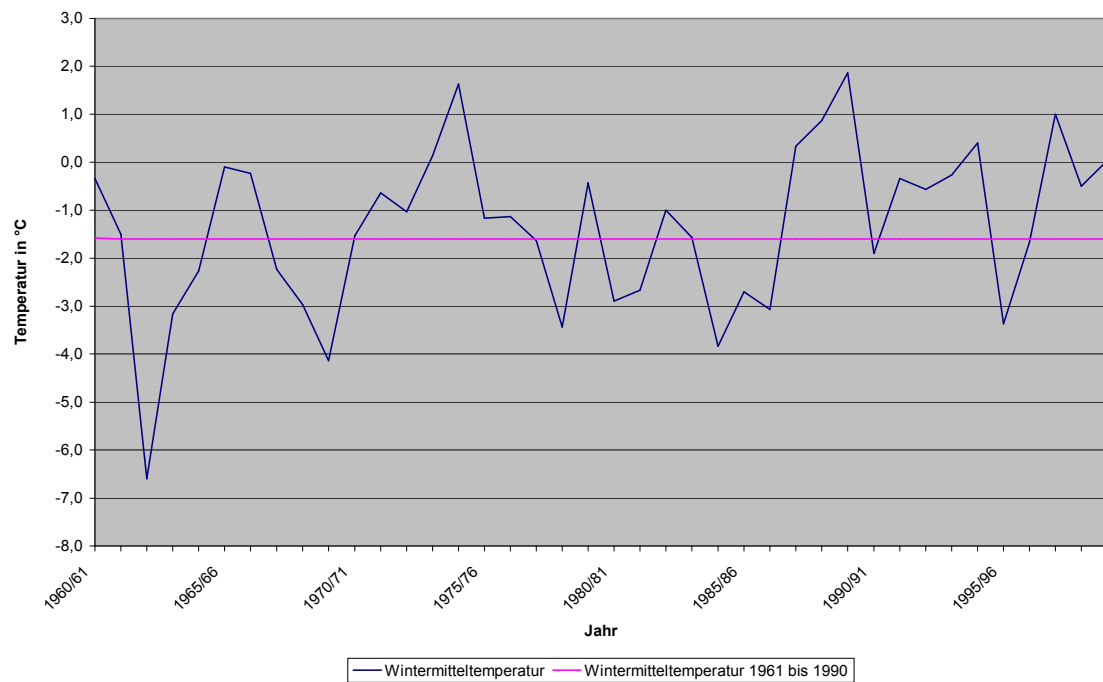
Nach der Analyse der Temperatur-, Niederschlags- und Schneeverhältnisse in verschiedenen Mittelgebirgen in den Jahren 1961 bis 2000 erfolgt eine Trendanalyse mit Hilfe des Mann-Kendall Verfahrens. Ziel ist es, mögliche Trends aus den vorhandenen Daten bezüglich Temperatur, Niederschlag und Schneeverhältnisse herauszuarbeiten.

Abschließend gilt es aus den gewonnenen Aussagen Prognosen für mögliche Veränderungen auf Grundlage der vorhandenen Datenbasis sowie aktuellen Klimaszenarien abzuleiten. Hierbei wird versucht, einen Zusammenhang zwischen einer simulierten Temperaturerhöhung und einer damit verbundenen vermuteten Abnahme der Schneetage herzustellen.

5.2 Analyse der Temperaturverhältnisse

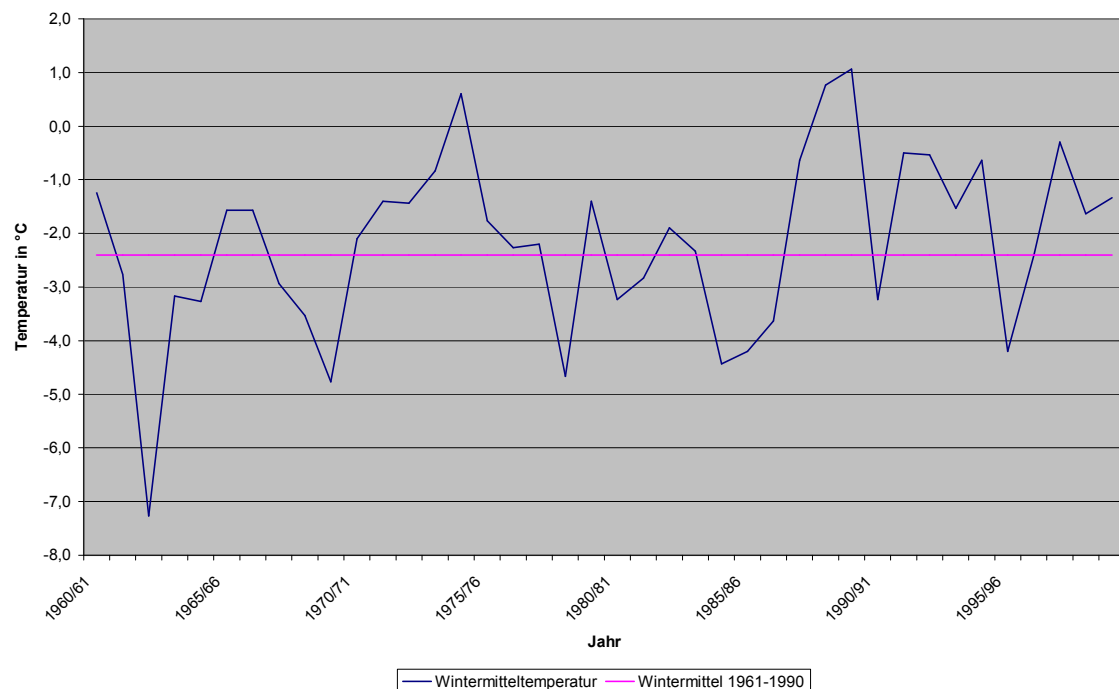
Die Wintermitteltemperaturen, welche sich aus den Werten der Monate Dezember, Januar und Februar eines jeweiligen Winters zusammen setzen, bilden den verlässlichsten Temperaturindikator, um Aussagen über die jeweilige Temperatursituation eines Winters zu gewinnen.

Bei der Betrachtung von Abbildung 14 und Abbildung 15 fällt zunächst die große Variabilität auf, die Spannweite bei den einzelnen Stationen beträgt $8,5^{\circ}\text{C}$. Auch die Standardabweichungen geben Aufschluss über die große Streuung der Temperaturwerte in den einzelnen Jahren. Sie liegt bei beiden Stationen bei 1,7. D.h., dass es zu deutlichen jährlichen Streuungen kommen kann.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung

Abbildung 14: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Wintermitteltemperaturen 1960/1961 bis 1999/2000.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 15: Kahler Asten (839 m): Wintermitteltemperaturen 1960/1961 bis 1999/2000.

Bei der zeitlichen Analyse lassen sich verschiedene Phasen aufzeigen. Die sechziger Jahre sind geprägt durch überwiegend kalte Wintermitteltemperaturen. In sieben von zehn Wintern liegen die Werte unter dem langjährigen Mittel von 1961 bis 1990. Gleichzeitig kristallisiert sich der Winter 1962/1963 als der Winter mit der mit Abstand kältesten Wintermitteltemperatur im gesamten Untersuchungszeitraum heraus. Es folgt in den siebziger Jahren eine Phase deutlich milderer Wintermitteltemperaturen. Vom Winter 1970/1971 bis 1977/1978 liegen die Temperaturen acht Winter in Folge über dem langjährigen Mittel. Besonders auffällig ist hier der Winter 1974/1975, er ist nicht nur der bis dahin mit Abstand mildeste Winter im Untersuchungszeitraum, sondern auch der bislang einzige Winter, mit einer Mitteltemperatur über 0°C an allen betrachteten Stationen. In den achtziger Jahren zeichnen sich wieder deutlich kältere Wintermitteltemperaturen ab. Vor allem Mitte der achtziger Jahre treten drei kalte Winter in Folge auf. Auf diese Phase folgen von 1987/1988 bis 1989/1990 drei sehr milde Winter, vielerorts werden in den Wintern 1988/1989 und 1989/1990 die höchsten Wintermitteltemperaturen des gesamten Untersuchungszeitraumes erreicht. Auch in den neunziger Jahren treten vermehrt Winter auf, deren Mitteltemperatur über dem langjährigen Durchschnitt liegen.

Auffällig ist, dass seit dem Winter 1987/1988 zehn der letzten dreizehn Winter des Zeitraumes z.T. deutlich positive Abweichungen gegenüber dem langjährigen Mittel aufweisen. Auch treten sechs der sieben mildesten Winter der Station Kahler Asten in diesem Zeitraum auf, in all diesen Jahren liegt die Wintermitteltemperatur über -1°C , ein Wert, der im Zeitraum davor nur im Winter 1974/1975 überschritten wird.

So lässt sich festhalten, dass es im Untersuchungszeitraum erkennbare Phasen milderer und kälterer Winter gibt. Allgemeiner formuliert treten in den sechziger und weiten Teilen der achtziger Jahre gehäuft kältere Winter auf, während die siebziger Jahre sowie der Zeitraum nach 1987/1988 durch ein gehäuftes Vorkommen milderer Winter (im Vergleich zum langjährigen Mittel 1961 bis 1990) gekennzeichnet sind.

Um eine vergleichbare Zeiteinheit zu erhalten, die möglichst verschiedene Perioden charakterisiert, wie beispielsweise die milden Winterverhältnisse der neunziger Jahre im Verhältnis zum Zeitraum davor, werden nun die einzelnen Dekaden betrachtet. Diese Größe eignet sich besonders aus zwei Gründen. Erstens umfasst diese Unterteilung in etwa die tatsächlich beobachteten Unterschiede. Zweitens wird der Untersuchungszeitraum 1961 bis 2000 damit in vier zeitlich homogene Abschnitte

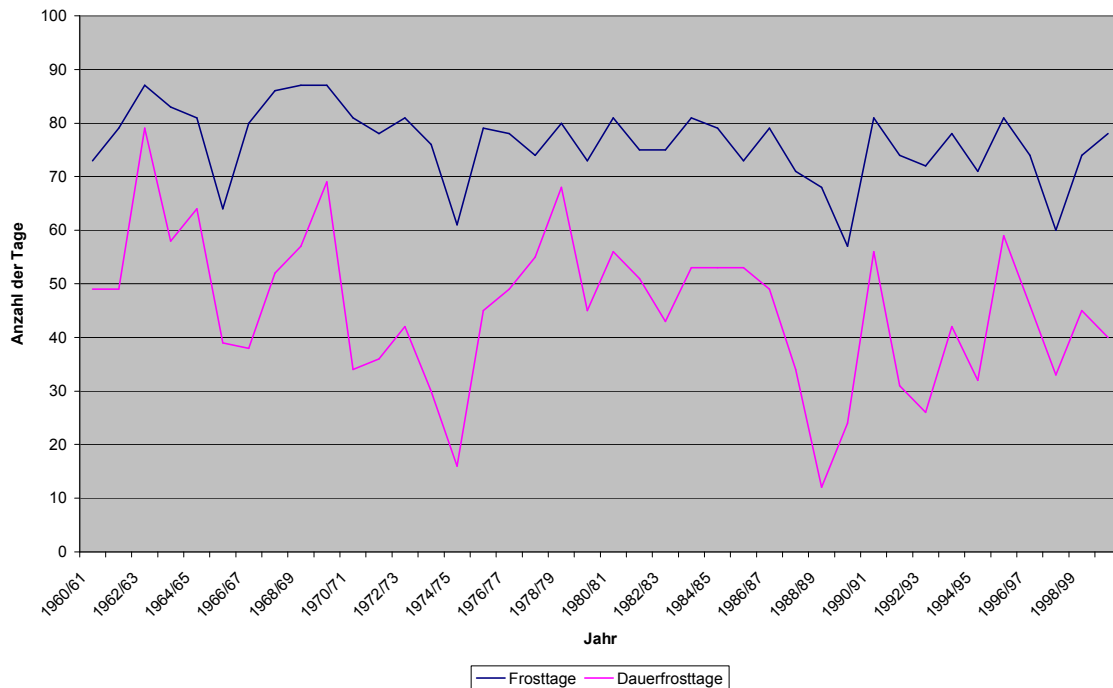
zerlegt. Der Zeitraum der Klimanormalperiode 1961 bis 1990 lässt sich demnach in drei Dekaden unterteilen. Die Dekade 1961 bis 1970 beinhaltet beispielsweise die Phase der gehäuft kälteren Winter, die Dekade 1971 bis 1980 jene Phase milderer Winter, welche in dieser Zeit gehäuft und zusammenhängend aufgetreten ist.

Ein erwartungsgemäß umgekehrtes Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Frost- und Dauerfrostage. Bei den Frosttagen ($\text{min} < 0$) treten nur wenig Auffälligkeiten auf, lediglich Extremjahre wie 1965/1966, 1974/1975, 1989/1990 und 1997/1998 sind deutlich zu erkennen. Außerdem ist festzustellen, dass die höchsten Werte an der Station Kahler Asten (über 80 Frostage) nahezu alle in den sechziger Jahren zu finden sind.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 20002, eigene Erstellung.

Abbildung 16: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Anzahl der Frost- und Dauerfrostage 1960/1961 bis 1999/2000.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 17: Kahler Asten (839 m): Anzahl der Frost- und Dauerfrosttage 1960/1961 bis 1999/2000.

Deutlich differenzierter sieht das Ergebnis bei den Dauerfrosttagen aus. Die milde Phase der siebziger Jahre ist auch hier erkennbar, unterstützt noch durch die Tatsache, dass diese Phase durch zwei Winter mit einer sehr hohen Anzahl von Dauerfrosttagen abgegrenzt wird (1969/1970 und 1978/1979). Auch die anschließende Periode kälterer Winter in den achtziger Jahren hebt sich durch höhere Anzahlen bei den Dauerfrosttagen heraus. In den neunziger Jahren treten häufig niedrige Werte auf, es kommt aber nicht zur Herausbildung weiterer Minima.

Nachdem nun die Temperaturverhältnisse des gesamten Winters analysiert worden sind, sollen auch Besonderheiten einzelner Monate dokumentiert werden. Die jährliche Variabilität fiel schon bei den Wintermitteltemperaturen auf, bei den einzelnen Monatswerten ist diese noch ausgeprägter, wie anhand der Streuungsmaße in Tabelle 5 zu erkennen ist. Zudem lassen sich bei den Monatswerten z.T. nur schwer die Regelmäßigkeiten der Wintermitteltemperaturen erkennen. So treten in den siebziger Jahren im Wechsel kalte und milde Dezemberwerte auf. Diese milde Phase beruht offensichtlich auf milden Temperaturen, die vermehrt im Januar und Februar auftreten. Ebenso lässt sich die kalte Phase in den achtziger Jahren durch niedrige Werte in diesen Monaten erklären. Die Dezemberwerte liegen in diesem Zeitraum deutlich über dem

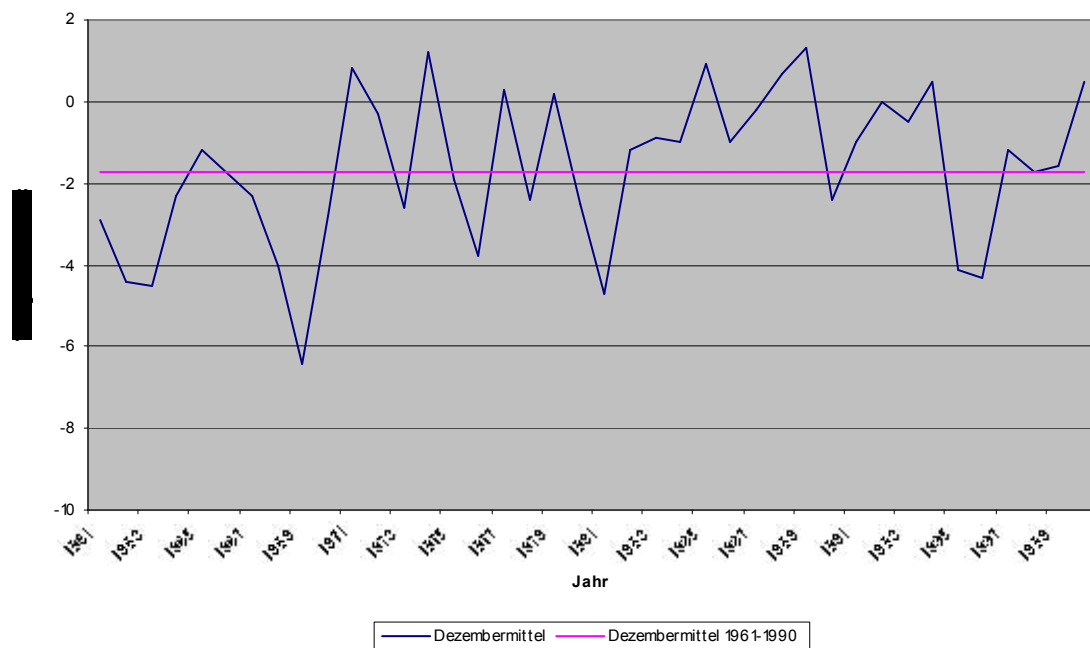
langjährigen Mittel (vgl. dazu die nachfolgenden Abbildungen für die Station Kahler Asten).

	Dezember	Januar	Februar
Wintermitteltemperatur	-1,7	-2,9	-2,5
Spannweite	8,7	11,2	12,3
Standardabweichung	1,9	2,4	2,7

Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

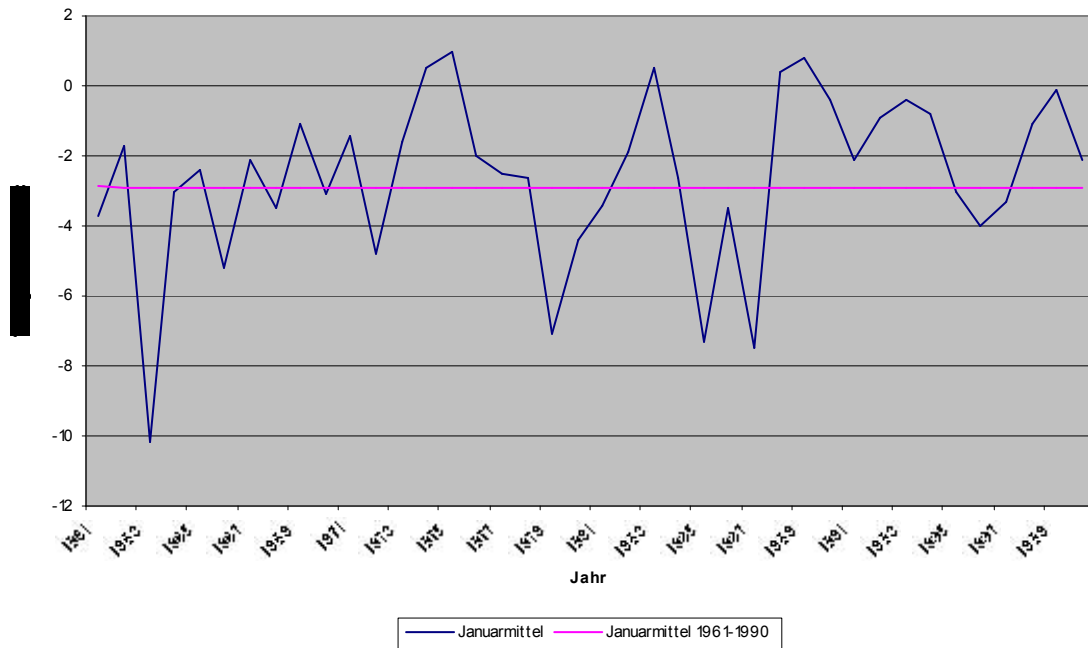
Tabelle 5: Temperaturvariabilität in den Wintermonaten an der Station Kahler Asten (839 m).

Auch in den neunziger Jahren resultieren die positiven Abweichungen mehr aus den Januar- und Februartemperaturen. Dennoch bleibt festzuhalten, dass im Dezember bereits seit etwa 20 Jahren eine deutliche Häufung milder Mittelwerte auftritt. Damit sind die Ergebnisse konform mit den Untersuchungen von Frankenberg (1991) (vgl. Kap. 3.2).



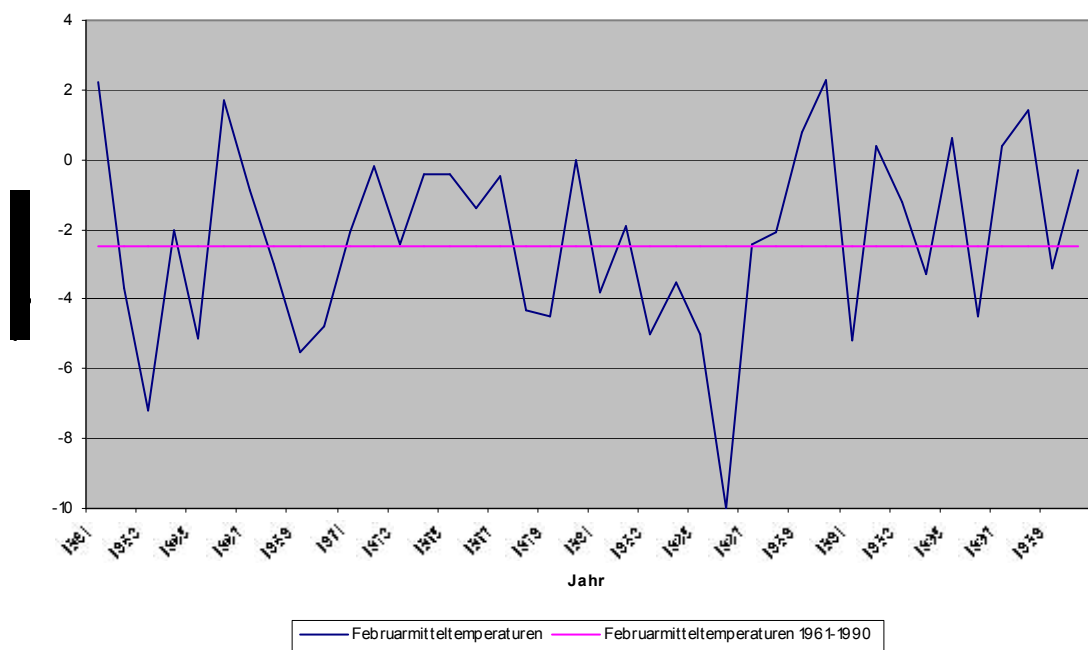
Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 18: Kahler Asten (839 m): Dezembermitteltemperaturen 1961 bis 2000.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigenen Erstellung.

Abbildung 19: Kahler Asten (839 m): Januarmitteltemperaturen 1961 bis 2000.

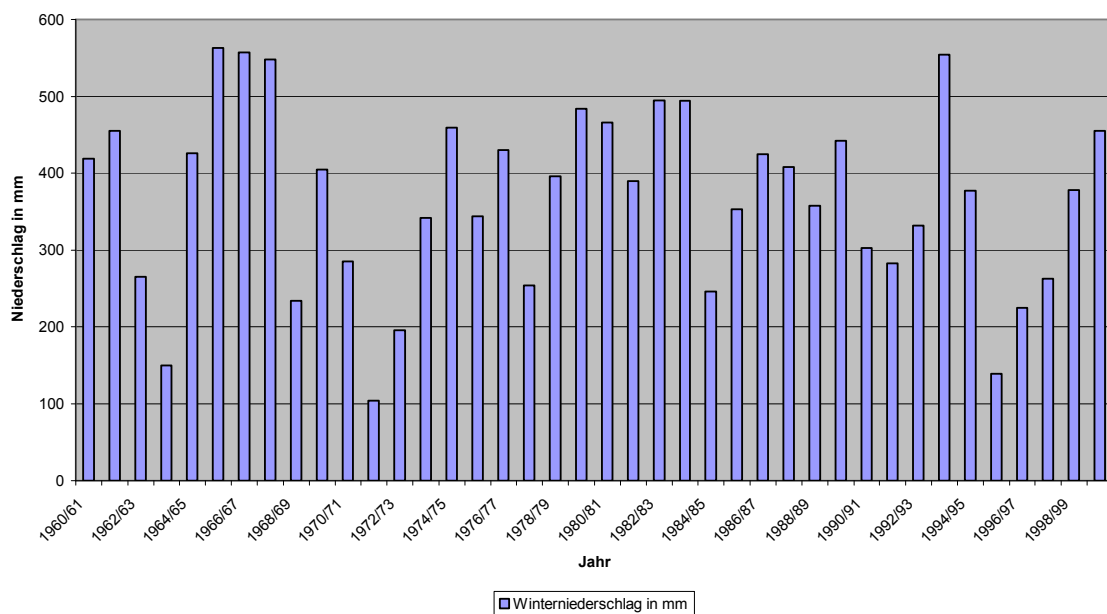


Quelle: Meteorologische Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 20: Kahler Asten (839 m): Februarmitteltemperaturen 1961 bis 2000.

5.3 Analyse der Niederschlagsverhältnisse

Bei der Analyse der Niederschlagsverhältnisse werden die Niederschlagsmengen im Winter sowie die Anzahl der Schneefalltage berücksichtigt. Anhand der Station Grebenhain-Herchenhain im Hohen Vogelsberg erkennt man erneut die große Variabilität die auch im Bereich der Niederschläge auffällig ist. Die Spannweite reicht hier von 104 mm im Winter 1972/1973 bis hin zu 563 mm Niederschlag im Winter 1965/1966. Auch die Streuung um den Mittelwert von 368 mm ist hoch. Der Variationskoeffizient beträgt 31,9 %.



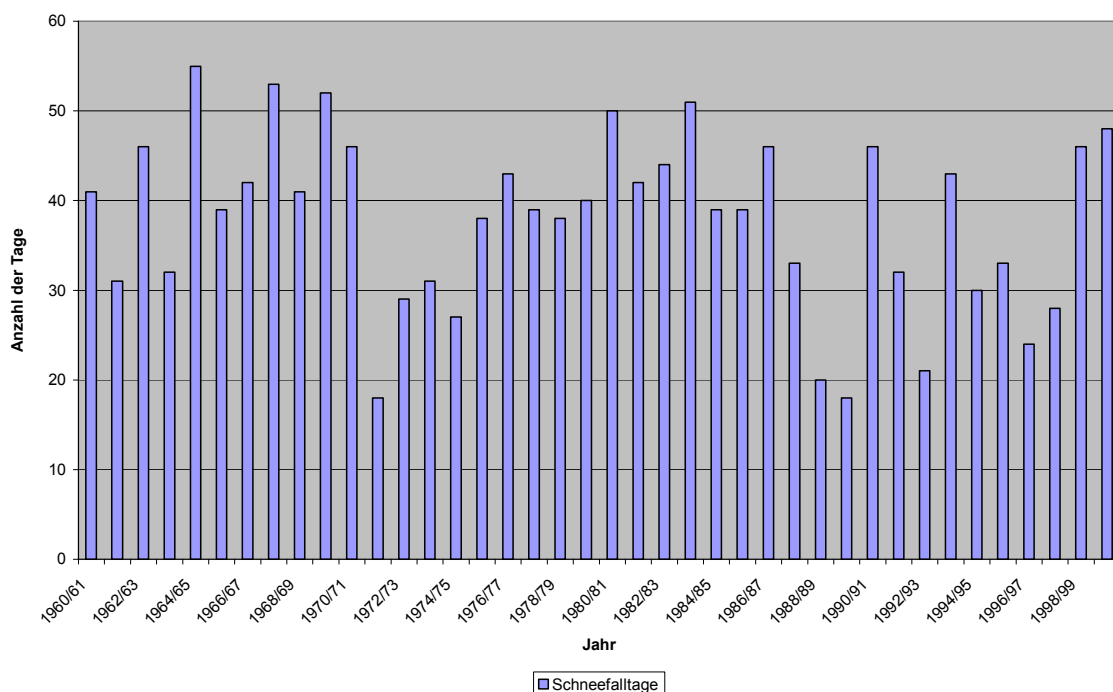
Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigenen Erstellung.

Abbildung 21: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Winterniederschlag 1960/1961 bis 1999/2000.

Es treten zudem Phasen mit niederschlagsreicheren Jahren sowie Phasen mit geringeren Niederschlägen auf. So ist Ende der sechziger Jahre eine Periode mit sehr hohen Winterniederschlägen zu verzeichnen, drei der vier höchsten Werte werden in dieser Zeit erreicht. Es kommt zu Beginn der siebziger Jahre zu einer Abfolge von vergleichsweise trockenen Wintern. In dieser Zeitspanne befindet sich das absolute Minimum im Winter 1971/1972. Ab Mitte der siebziger Jahre bis zu Beginn der neunziger Jahre sind die Niederschlagsverhältnisse zwar gekennzeichnet von der erwähnten hohen Variabilität, aber ohne Herausbildung von einzelnen Extremwerten oder besonders auffälligen Phasen. Erst im Winter 1993/1994 ist wieder ein

Extremwinter mit der zweithöchsten Niederschlagsmenge im Gesamtzeitraum zu verzeichnen. Es kommt Mitte der neunziger Jahre zu einer Abfolge von drei trockenen Wintern mit dem relativen Minimum im Winter 1995/1996.

Bei der Betrachtung der Schneefalltage am Beispiel der Station Grebenhain-Herchenhain ist wieder die Variabilität zu beachten. In den beiden Wintern 1971/1972 und 1989/1990 fallen nur an 18 Tagen Schnee, im Winter 1964/1965 dagegen an 55 Tagen. Auch der Variationskoeffizient liegt bei 25,7 %. Damit ist die Variabilität des Schneefalls zwar hoch, im Vergleich zu der Niederschlagsvariabilität aber etwas geringer.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 22: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Anzahl der Tage mit Schneefall im Winter.

Die sechziger Jahre sind geprägt durch einzelne Extremwinter, auf insgesamt hoher Basis. In jedem Winter fällt an mehr als 30 Tagen Schnee. In den siebziger Jahren liegt von 1971/1972 bis 1974/1975 eine Phase von vier Wintern in Folge mit wenig Schneefall vor. Anschließend sind die Schneefalltage bis 1986/1987 auf konstantem und hohem Niveau mit etwa 40 Schneefalltagen pro Winter. Ende der achtziger Jahre tritt erneut ein Minimum auf. Die Folgezeit ist gekennzeichnet durch große jährliche

Schwankungen. So lassen sich in den neunziger Jahren vier Winter mit mehr als 40 Schneefalltagen, aber auch drei Winter mit weniger als 30 Schneefalltagen feststellen.

Die Frage ist nun, wie die Ursachen z.B. der beiden Minima 1971/1972 und 1989/1990 erklärt werden können. Der Winter 1971/1972 liegt an der Station Grebenhain-Herchenhain mit einer Mitteltemperatur von $-0,6^{\circ}\text{C}$ über dem langjährigen Mittel (vgl. Abb.14). Allerdings tritt in diesem Winter das Niederschlagsminimum der letzten 40 Jahre auf. Der Winter 1989/1990 hingegen ist ein niederschlagsreicher Winter gewesen, gleichzeitig aber auch der wärmste im Untersuchungszeitraum. Dies lässt die Vermutung zu, dass das Minimum 1971/1972 eher mit der geringen Niederschlagsmenge zu begründen ist, während das Minimum 1989/1990 aus den hohen Temperaturverhältnissen resultiert. Grundsätzlich sind aber Parallelen zwischen den beiden Perioden mit vergleichsweise wenig Schneefalltagen zu Beginn der siebziger Jahre und Ende der achtziger Jahre und den Phasen milderer Wintermitteltemperaturen in dieser Zeit zu erkennen (vgl. Abb. 14 und 15, Kap. 5.2).

Neben der zeitlichen Komponente darf in diesem Fall der räumliche Aspekt nicht außer Acht gelassen werden. So zeigen sich deutliche Unterschiede bezüglich der Niederschlagsmengen zwischen den einzelnen Stationen. Wie aus Tabelle 6 zu ersehen ist, liegen die Niederschläge vor allem auf dem Kleinen Feldberg deutlich unter den Werten des Kahlen Astens. Die Höhe der Winterniederschläge erreicht hier nur etwa 60 % der Niederschlagsmenge vom Kahlen Asten.

	Wintermittel	Dezember	Januar	Februar
Kahler Asten	432	168	154	110
Kleiner Feldberg	242	90	84	68
Grebenhain-Herchenhain	383	157	128	98

Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Tabelle 6: Mittlere Niederschlagsmengen 1961 bis 1990 in mm an ausgewählten Stationen.

5.4 Bedeutung der Parameter für die Schneeverhältnisse

Nach der Analyse der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse in den vergangenen 40 Jahren, gilt es zu zeigen, dass diese beschriebenen Faktoren tatsächlich einen Einfluss auf das Vorhandensein einer winterlichen Schneedecke haben. Ziel ist also

nun, einen Zusammenhang zwischen den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen einerseits, und den Schneeverhältnissen andererseits herzustellen. Dazu dient eine multiple Korrelations- und Regressionsanalyse. Es sei darauf verwiesen, dass hier der sogenannte Produktmoment-Korrelationskoeffizient nach Pearson Verwendung findet. Mit diesen beiden Verfahren ist es möglich, sowohl die Stärke als auch die Form des Zusammenhangs von Variablen zu bestimmen (vgl. dazu BAHRENBURG et al 1999, S.136ff; 1992, S.24ff; KÜHNEL & KREBS 2001, S.403ff).

Die Regressionsanalyse untersucht wie eine Variable Y von einer bestimmten Anzahl n Variablen X_1, \dots, X_n abhängt bzw. wie man von dem Wertetupel (x_1, \dots, x_n) auf den jeweiligen Wert y der Variablen Y schließen kann. Im Fall der linearen Regression, die hier zum Einsatz kommt liefert die Analyse eine allgemeine Regressionsgleichung der Form

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n + \varepsilon$$

Die Korrelationsanalyse liefert bei der Frage nach der Stärke des Zusammenhangs zwei wichtige Größen. Zum einen das Bestimmtheitsmaß B , welches der erklärte Varianzanteil von Y durch die Regression von Y nach X ist. Für die Werte von B gilt, dass sie immer zwischen null und eins liegen, also $0 \leq B \leq 1$. Zum anderen den Korrelationskoeffizient r_{XY} , mit $r_{XY}^2 = B$. Analog zu B gilt für r_{XY} entsprechend $-1 \leq r_{XY} \leq 1$. Gilt $|r_{XY}| > 0,7$, so korrelieren die Werte sehr gut miteinander, unterscheidet sich der Korrelationskoeffizient dagegen nur wenig von null, besteht kein oder nur ein sehr geringer und im Allgemeinen zu vernachlässigender Zusammenhang (KÜHNEL & KREBS 2001, S.405).

Für die Station Grebenhain-Herchenhain ist die Analyse mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS durchgeführt worden. Als abhängige Variable dient die Anzahl der Tage mit geschlossener Schneedecke, im Folgenden kurz als Schneetage bezeichnet, in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar. Tagesmittel-, Tagesmaximum- und Tagesminimumtemperatur, die Anzahl der Frosttage ($\min < 0$) und Dauerfrosttage ($\max < 0$) sowie die Niederschläge in mm und die Anzahl der Tage mit Schneefall dienen als unabhängige Variablen.

Als erstes Ergebnis zeigen die Einfachkorrelationen zwischen der jeweiligen unabhängigen und der abhängigen Variable bereits einen starken Zusammenhang. Mit Ausnahme der Niederschläge in mm ($r = 0,06$) liegt der Korrelationskoeffizient betragsmäßig zwischen 0,7 und 0,8. Das bedeutet auch, dass die Varianz der Niederschläge in mm praktisch keinen Einfluss auf die Varianz der Schneetage hat. Betrachtet man den Gesamtkorrelationskoeffizient, so liegt dieser bei 0,875 und das Bestimmtheitsmaß bei 0,765. Das heißt, dass es offenbar einen starken Zusammenhang zwischen den berücksichtigten Werten und den Schneetagen gibt.

Reduziert man nun die unabhängigen Variablen auf diejenigen, welche den größten Erklärungswert liefern, so zeigt sich, dass mit den Dauerfrostdagen und den Tagen mit Schneefall bereits zwei der unabhängigen Variablen ein nahezu eben so gutes Resultat liefern. Der Übersicht halber, insbesondere bei der Darstellung der Regressionsgleichung, wird sich im Folgenden auf diese beiden Parameter beschränkt. Die Anzahl der Dauerfrostdage (X_1) liefert bereits einen Korrelationskoeffizienten von 0,791 bzw. ein Bestimmtheitsmaß von 0,625. Werden auch noch die Tage mit Schneefall (X_2) mit einbezogen, so erreichen der Korrelationskoeffizient und das Bestimmtheitsmaß einen Wert von 0,863 bzw. 0,746. Die Ergebnisse unterscheiden sich also nur geringfügig von den Werten, wenn alle Parameter herangezogen werden.

Offensichtlich hängt die Anzahl der Schneetage (Y) stark von den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen ab, da rund dreiviertel der Varianz der Schneetage aus der Varianz der Dauerfrostdage und Schneefalltage erklärt werden kann. Ein Großteil wird davon von dem Temperaturparameter eingenommen.

Das Ergebnis der multiplen Korrelationsanalyse bestätigt die Vermutung, dass das Auftreten einer winterlichen Schneedecke maßgeblich durch die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse beeinflusst wird. Allerdings ist nicht die Niederschlagsmenge entscheidend, sondern vielmehr die Art des Niederschlags, nämlich Schneefall; und der fällt bekanntlich nur bei den entsprechenden Temperaturverhältnissen.

Die Regressionsanalyse liefert mittels der Regressionsgleichung die Art des (in diesem Fall linearen) Zusammenhangs. Mit ihr können Schätzwerte u.ä. berechnet werden. Aufgrund des betragsmäßig hohen Korrelationskoeffizienten dürften diese Schätzwerte gute Ergebnisse liefern. Die Regressionsgleichung lautet:

$$Y = 1,351 + 0,715 * X_1 + 0,793 * X_2$$

5.5 Analyse der Schneeverhältnisse

Nach erfolgter Analyse der Temperatur- und Niederschlagsbedingungen im Untersuchungszeitraum und Darstellung der Bedeutung dieser Indikatoren für das Vorhandensein einer winterlichen Schneedecke mittels der vorangegangenen multiplen Regressions- und vor allem Korrelationsanalyse erfolgt nun die Analyse des voraussichtlich wichtigsten natürlichen Klimafaktors für den Wintersport, nämlich der Schneedecke, in drei Schritten. Zunächst wird die Anzahl der Tage mit geschlossener Schneedecke untersucht. Da für diesen Parameter die Werte auch für verschiedene Niederschlagsstationen vorliegen, allerdings nur in Jahreswerten, werden nicht mehr nur die Wintermittelwerte betrachtet, sondern die Schneetage während des jeweiligen Kalenderjahres von 1961 bis 2000. Der Vorteil liegt vor allem darin, dass mehr Datenmaterial auch in verschiedenen Höhenlagen der einzelnen Mittelgebirge zur Verfügung steht und Aussagen sowohl zu den einzelnen Mittelgebirgen als auch bezüglich verschiedener Höhenlagen besser getroffen werden können.

Die absolute Anzahl der Schneetage in einer Region pro Jahr gibt aber noch keinen Aufschluss darüber, ob auch eine ausreichende Schneehöhe vorliegt, die für den Wintersport erforderlich ist. Daher wird im zweiten Schritt der Schneedeckenauf- und -abbau sowohl zeitlich, als auch von der Schneehöhe her analysiert. Abschließend gilt es noch zu untersuchen, wie oft überhaupt eine Schneedecke von bestimmter Höhe zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhanden ist. Daher wird im dritten Schritt die Häufigkeit des Auftretens der winterlichen Schneedecke mit einer bestimmten Höhe überprüft.

Ort	Zeitraum				
	1961-1990	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000
Rothaargebirge					
Kahler Asten (839 m)	136	140	138	131	121
Rhein-Weser-Turm (684 m)	95	100	88	96	56
Willingen (580 m)	82	97	67	82	74
Willingen-Eimelrod (500 m)	69	73	65	70	57
Rhön					
Wasserkuppe (921m)	119	120	120	118	106

Wüstensachsen (664 m)	96	100	91	95	86
Hilders-Dietges (575 m)	75	86	67	73	52
Gersfeld (530 m)	60	68	46	66	46
Tann (395 m)	52	57	43	56	46
Vogelsberg					
Grebenhain-Herchenhain (608 m)	88	100	81	84	73
Lautertal-Eichelhain (512 m)	66	73	59	67	49
Grebenhain (435 m)	66	78	58	60	38
Schotten (315 m)	51	62	41	49	38
Taunus					
Kleiner Feldberg (805 m)	105	113	98	103	89
Schmitt-Treisberg (535 m)	56	69	48	51	32
Saalburg (424 m)	52	54	49	53	31
Westerwald/sonstige					
Bad Marienberg (547 m)	78	91	69	78	56
Hirzenhain (530 m)	73	85	67	67	49
Driedorf (482 m)	63	74	54	61	44

Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Tabelle 7: Anzahl der Schneetage an ausgewählten Stationen des Untersuchungsgebietes.

Die Zahl der Schneetage variiert erwartungsgemäß je nach Höhenlage der jeweiligen Station. In Lagen unterhalb 500 m werden im langjährigen Mittel bis zu 70 Schneetage erreicht, in mittleren Höhenlagen von etwa 500 m bis 700 m sind es 70 bis 100 Schneetage. In den Hochlagen werden in der Regel über 100 Schneetage erreicht, wobei an der Station Kahler Asten ein Höchstwert von durchschnittlich 136 Schneetagen pro Jahr erzielt wird. Erklärt werden kann dies durch die höheren Winterniederschläge. Wie schon bei den Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen sind auch die Schneetage wieder durch eine große innerjährliche Variabilität ausgezeichnet, die sich durch große Spannweiten und Variationskoeffizienten bei den einzelnen Stationen ausdrückt.

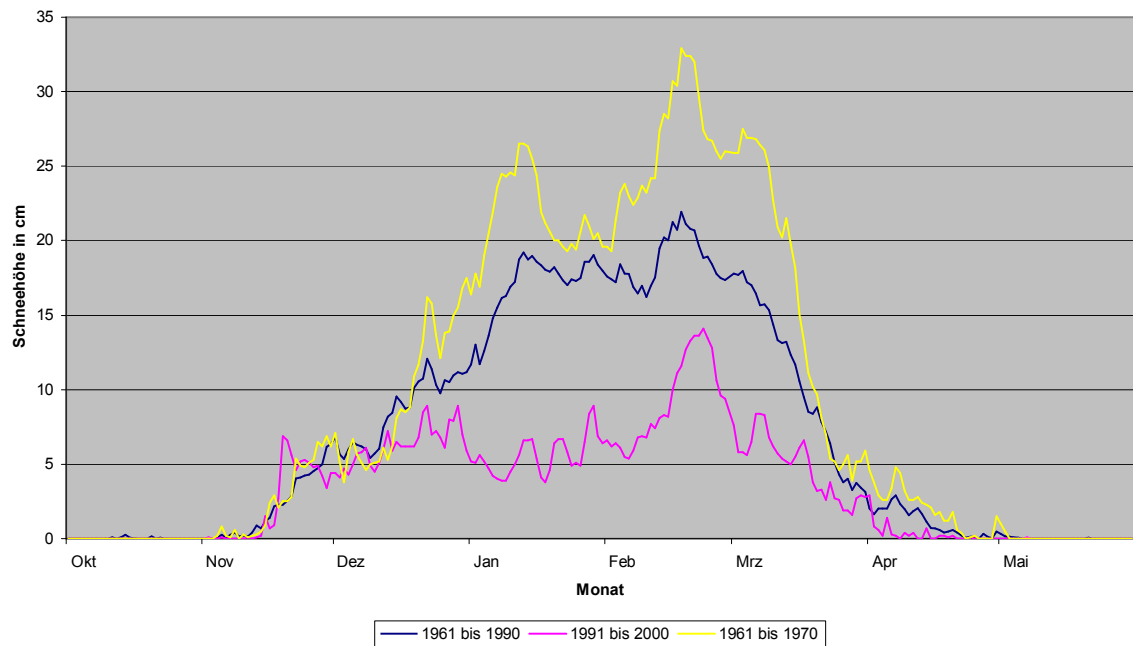
Betrachtet man die Dekadenmittel der Schneetage, so lässt sich erkennen, dass vielerorts die sechziger Jahre im Mittel die schneereichsten Jahre im

Untersuchungszeitraum gewesen sind. In den siebziger Jahren tritt dann vielerorts ein Absinken der Dekadenmittelwerte ein, welche in den achtziger Jahren noch einmal ansteigen und schließlich in den neunziger Jahren deutlich auf die niedrigsten Werte des Zeitraumes absinken. Somit ist eine Entwicklung festzustellen, die gut mit der Temperaturentwicklung korrespondiert. Die kalte Dekade 1961 bis 1970 kristallisiert sich auch als die schneereichste Dekade heraus, zumindest was das Auftreten einer geschlossenen Schneedecke angeht. In den mildereren siebziger Jahren nehmen die Schneetage entsprechend ab, aber nicht so stark, wie in der wintermildesten Dekade 1991 bis 2000.

Bei genauerer Betrachtung fällt jedoch auf, dass diese Entwicklung nicht für alle Stationen zutrifft. Gerade die höher gelegenen Stationen weisen häufig nicht eine Abnahme der Schneetage in den siebziger Jahren auf, sondern ähnlich hohe oder z.T. sogar noch etwas höhere Werte als in der Dekade zuvor. Hier ist der Rückgang erst in den neunziger Jahren zu beobachten. Es stellt sich Frage, wie dies erklärt werden kann. Auch hier hilft wieder ein Blick auf die Temperaturverhältnisse. Zwar waren die siebziger Jahre durch gehäuft milde Winter gekennzeichnet, aber im Vergleich zu den neunziger Jahren im Allgemeinen nicht so extrem mild. Auch sind die Wintermitteltemperaturen in den höher gelegenen Stationen meist nicht über 0°C gestiegen. So haben sich die milden Temperaturen der siebziger Jahre in den Hochlagen der Mittelgebirge weit weniger stark auf das Vorhandensein einer geschlossenen Schneedecke ausgewirkt, als in unteren und mittleren Lagen. Lediglich der extrem milde Winter 1974/1975 hat hier zu ähnlich massiven Abnahmen geführt. Erst das häufigere Auftreten noch höherer Wintertemperaturen, wie in den neunziger Jahren zu beobachten, hat auch in diesen Höhenlagen eine deutliche Reduktion der Schneetage bewirkt.

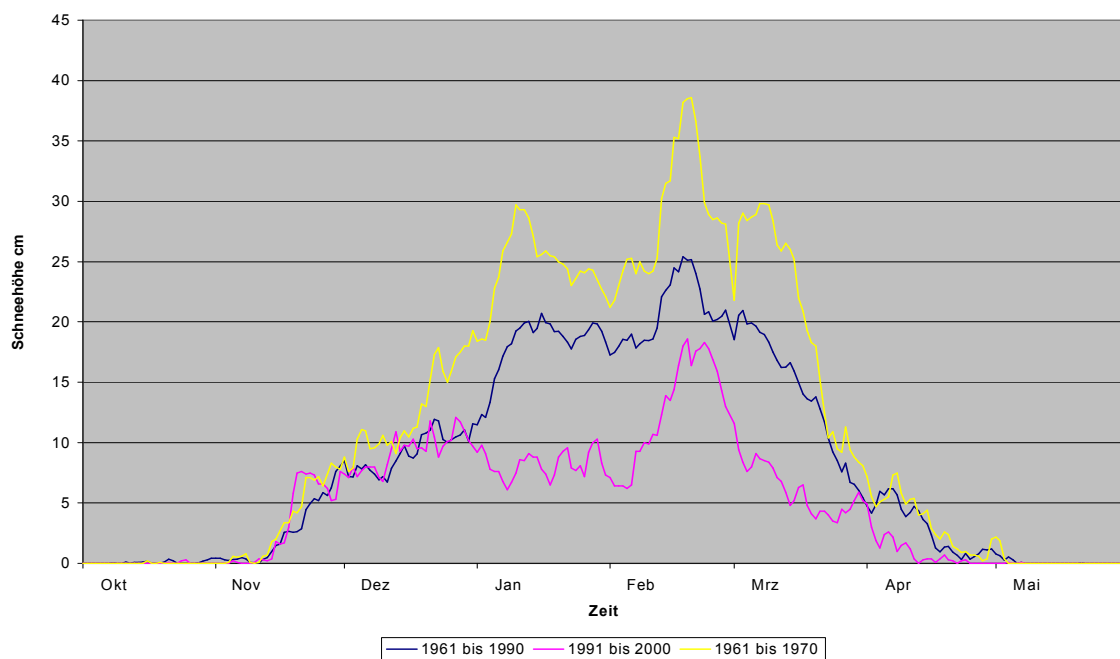
Nachdem nun die Tage mit geschlossener Schneedecke untersucht worden sind, liegt der Focus des zweiten Abschnittes nun in der Analyse der tatsächlich erreichten Schneehöhen. Die Aussagen über die Schneetage haben zwar eine erste Einschätzung der Snowesituation im Untersuchungsgebiet geliefert, aber tiefergehende, für die Ausübung des Wintersports wichtige Erkenntnisse, konnten noch nicht gewonnen werden.

Der Schneedeckenaufbau soll anhand der drei Stationen Kahler Asten (839 m), Kleiner Feldberg (805 m) und Grebenhain-Herchenhain (608 m) erfolgen.



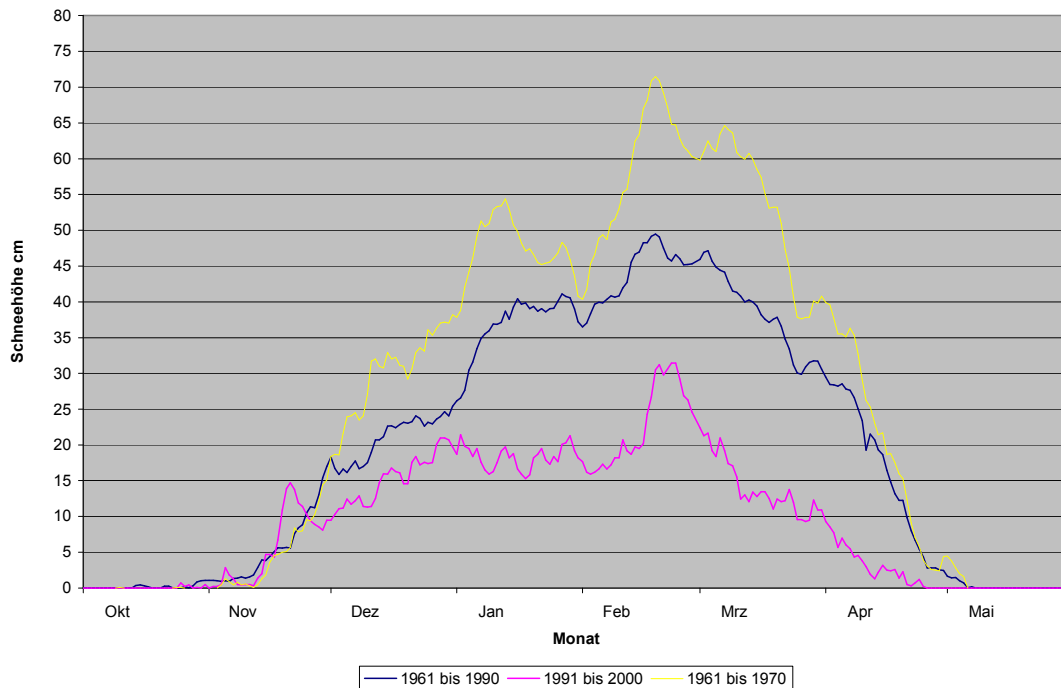
Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 23: Grebenhain-Herchenhain (608 m): Schneedeckenaufbau und -abbau in verschiedenen Zeiträumen.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 24: Kleiner Feldberg (805 m): Schneedeckenaufbau in verschiedenen Zeiträumen.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 25: Kahler Asten (839 m): Schneedeckenaufbau und -abbau in verschiedenen Zeiträumen.

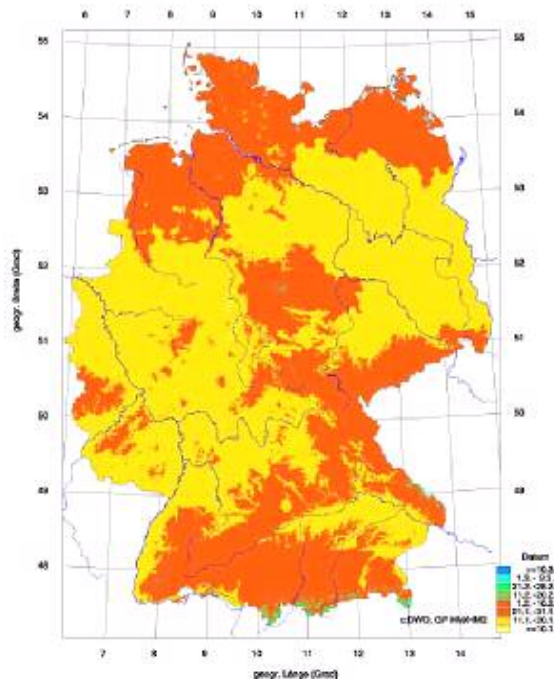
Ein kontinuierlicher Schneedeckenaufbau setzt, wie in Abbildung 23 bis 25 zu erkennen ist etwa ab Mitte November an den drei Stationen ein. Jedoch fällt auf, dass sowohl die absolute Schneehöhe als auch der jeweilige Zeitraum, indem eine bestimmte Schneehöhe erreicht wird, bei den Stationen deutlich variieren. Daher werden die wesentlichen Merkmale des Schneedeckenaufbaus für jede Station einzeln angeführt.

Betrachtet man den Schneedeckenaufbau auf dem Kleinen Feldberg von 1960/1961 bis 1989/1990 (Abbildung 24), so lässt sich zunächst ein kontinuierlicher Schneedeckenaufbau ab etwa Mitte November bis Ende Dezember feststellen. In der zweiten Dezemberhälfte wird dabei eine durchschnittliche Schneehöhe von etwa 10 cm erreicht bzw. geringfügig überschritten. Für Mitteleuropa typische Witterungsregelfälle (vgl. dazu Weischet 2000, S.47-49) wie das Nikolaustauwetter oder Weihnachtstauwetter lassen sich hier anhand des Verlaufs durch ein geringfügiges Absinken der Schneehöhe um den 10. Dezember und nach dem 20. Dezember zumindest ansatzweise feststellen. Mit dem Monatswechsel Dezember/Januar erfolgt ein deutlicher Aufbau der Schneedecke. Bis Mitte Januar kommt es zu einer durchschnittlichen Verdopplung der Schneehöhe von etwa 10 cm auf 20 cm. Diese Höhe liegt bis Mitte Februar vor, bevor es abermals zu einem deutlichen Anstieg der Schneedecke kommt. In der letzten Februardekade wird das Schneedeckenmaximum

der Station Kleiner Feldberg von 25 cm erreicht. Bis etwa Mitte März beträgt die Schneehöhe dann noch etwa 20 cm, bevor in der zweiten Märzhälfte ein deutlicher Schneedeckenabbau einsetzt und bereits Ende März die Durchschnittswerte unter 10 cm absinken und Ende April/Anfang Mai die Schneedecke vollständig verschwindet.

Der Schneedeckenaufbau in Grebenhain-Herchenhain (Abbildung 23) erfolgt ähnlich. Auch hier lassen sich die Witterungsregelfälle – speziell das Weihnachtstauwetter – durch eine Reduktion der durchschnittlichen Schneehöhe im letzten Dezemberviertel erkennen. Nach dem kontinuierlichen Anstieg der Schneedecke ab Ende Dezember bis Mitte Januar auf knapp 20 cm, stagniert nun der Aufbau ähnlich wie bei der Station Kleiner Feldberg. In der zweiten Februarhälfte tritt dann ebenfalls das Schneedeckenmaximum mit über 20 cm ein, bevor es anschließend zu einem relativ schnellen Ausapern der Schneedecke kommt, bereits in der zweiten Märzhälfte wird die 10 cm Marke unterschritten.

Der Schneedeckenaufbau auf dem Kahlen Asten (Abbildung 25) vollzieht sich vom Ablauf her analog wie bei den beiden anderen Stationen, allerdings treten markante Unterschiede bezüglich der Schneehöhe und damit verbunden auch beim Ausapern der Schneedecke auf. Bereits Ende November wird eine durchschnittliche Schneehöhe von 15 cm erreicht. Auch hier wirken sich Nikolaus- und Weihnachtstauwetter auf den weiteren Aufbau aus, sodass bis zum Monatsende Dezember die Schneedecke nur allmählich von 15 cm auf 25 cm ansteigt. So werden bereits zum Jahreswechsel auf dem Kahlen Asten diejenigen Schneehöhen erreicht, die bei den beiden anderen Stationen erst beim Schneedeckenmaximum in der zweiten Februarhälfte eintreten. In der ersten Januarhälfte erfolgt dann ein starker Zuwachs auf etwa 40 cm. Mit geringen Schwankungen stagniert der Aufbau wie auch bei den anderen Stationen, bevor im zweiten Februardrittel ein abermaliger Anstieg bis hin zum Erreichen des Schneedeckenmaximums von fast 50 cm um den 20. Februar eintritt. Anschließend setzt der Schneedeckenabbau ein, bedingt durch die hohe Schneehöhe dauert das Ausapern allerdings deutlich länger als bei den beiden anderen Stationen. Daher liegen bis Ende März noch über 30 cm Schnee, Mitte April wird dann die 15 cm Marke unterschritten. Das endgültige Verschwinden der winterlichen Schneedecke stellt sich durchschnittlich erst im ersten Maidrittel ein.



Quelle: Rachner et al 2000, S.2.

Abbildung 26: mittleres Eintrittsdatum der maximalen Schneedeckenhöhe in Deutschland 1961 bis 1990.

Die hier beschriebenen Werte des langjährigen Schneedeckenauf- und -abbaus an den drei Stationen stellen grundsätzlich keine Besonderheit im deutschen Mittelgebirgsraum dar, wie aus Abbildung 26 erkennbar ist. In den mittleren Höhenlagen ist die Phase des Schneedeckenaufbaus etwa genauso lang wie die des Schneedeckenabbaus. In höheren Lagen ändert sich dieses Verhältnis zugunsten des Schneedeckenaufbaus. Für das bayerische Naab-Regen-Gebiet zeigen RACHNER et al (2000, S.4), dass dies etwa oberhalb 800 m eintritt. Demnach verschiebt sich das Eintrittsdatum der maximalen Schneedeckenhöhe pro 100 m Höhenunterschied um zwei bis drei Tage. „In Höhenlagen über 1000 m ü. NN wird deshalb der Kulminationspunkt nicht selten erst im Spätwinter erreicht.“ (RACHNER et al 2000, S.5)

Wenn auch die allgemeinen Schneedeckenverhältnisse der drei Stationen mit den deutschlandweiten Bedingungen konform sind, so fallen doch die Unterschiede innerhalb der drei Stationen auf. Mit rund 50 cm ist das Schneedeckenmaximum auf dem Kahlen Asten etwa doppelt so hoch wie an den beiden anderen Stationen. Dies ist besonders deshalb auffällig, da zumindest die Stationen Kahler Asten und Kleiner

Feldberg etwa in vergleichbarer Höhe liegen. Was könnte die Ursache dafür sein? Allein mit den geringen Temperaturunterschieden der beiden Stationen lässt sich diese Beobachtung nicht erklären, vielmehr sind hier die unterschiedlichen Niederschlagsverhältnisse heranzuziehen. In Kapitel 5.3 sind die deutlich voneinander abweichenden Niederschlagsmengen von beiden Stationen herausgearbeitet worden. So werden in den Wintermonaten rund 40 % weniger Niederschläge an der Station Kleiner Feldberg registriert als an der Station Kahler Asten. Da ein beträchtlicher Teil der Niederschläge als Schnee fallen, ist hier vermutlich die Hauptursache für die großen Differenzen zu sehen, ohne dabei Ausschließen zu wollen, dass noch andere, hier nicht analysierte Ursachen eine Rolle spielen können. Ebenso fällt auf, dass die Werte der Stationen Kleiner Feldberg und Grebenhain-Herchenhain relativ ähnlich sind, obwohl hier ein Höhenunterschied von immerhin 200 m vorliegt.

Bezüglich der durchschnittlichen Schneedecke zeichnet sich somit in punkto Wintersportmöglichkeiten ein klarer Standortvorteil für das Rothaargebirge ab, im Gegensatz zum Vogelsberg und besonders zum Taunus. Zusätzlich ist zu bedenken, dass sich die Station Kleiner Feldberg in den Hochlagen des Taunus befindet und die meisten Wintersportangebote maximal in dieser Höhe liegen, eher aber niedriger, wo hingegen sich im Vogelsberg die meisten Wintersportmöglichkeiten oberhalb von 600 m befinden und daher tendenziell gleiche oder noch etwas bessere Schneedeckenverhältnisse vorzufinden sind als an der Station Grebenhain-Herchenhain.

Um nun Veränderungen innerhalb des Untersuchungszeitraumes bezogen auf die Schneedecke aufzuzeigen werden wieder die Dekadenmittel herangezogen. Dabei wird sich auf die Dekaden 1961 bis 1970 und 1991 bis 2000 beschränkt, da sie nach der Analyse der Wintermitteltemperaturen und der Schneetage sozusagen die günstigste bzw. ungünstigste Periode im Untersuchungszeitraum darstellen. Die Vermutung liegt daher Nahe, in diesen beiden Dekaden die größten Unterschiede sowohl in positiver als auch negativer Sicht im Vergleich zum langjährigen Mittel herausarbeiten zu können. Blick auf Abbildung 23 bis 25 bestätigt die Vermutung. Die Dekade 1961 bis 1970 zeichnet sich als die mit den höchsten Schneedeckenwerten aus. Verläuft der Schneedeckenaufbau zunächst noch relativ einheitlich mit dem langjährigen Mittel so tritt ab Mitte Dezember ein deutlich schnellerer Schneedeckenaufbau ein. Die 15 cm Marke wird in Grebenhain-Herchenhain in der zweiten Dezemberhälfte, auf dem Kleinen Feldberg Mitte Dezember und auf dem Kahlen Asten bereits Ende November überschritten. Bei allen drei Stationen tritt ein erstes relatives Maximum um den 10.

Januar ein. Im Vogelsberg liegt dies bei etwas über 25 cm, im Taunus bei etwa 30 cm und im Rothaargebirge wird bereits die 50 cm Marke übertroffen. Damit liegen diese Schneehöhen bereits in diesem Zeitraum höher als die Maximalwerte des langjährigen Mittels. Bis in das erste Februardrittel hinein nimmt die Schneedecke wieder etwas ab. Es folgt ein erneutes Ansteigen bis hin zum Schneedeckenmaximum um den 20. Februar. Dieses erreicht in Grebenhain-Herchenhain und auf dem Kleinen Feldberg 35 cm bis 40 cm, auf dem Kahlen Asten sogar über 70 cm. Beim Ausapern der Schneedecke wird die 15 cm Marke an den drei Stationen etwa Mitte bzw. Ende März, auf dem Kahlen Asten sogar erst um den 20. April unterschritten.

Über die Ursachen des Rückgangs nach dem ersten relativen Maximum bzw. dessen Herausbildung kann an dieser Stelle nur spekuliert werden. Möglich wäre auch hier das Eintreten eines Witterungsregelfalls, welcher nach Weischet (2000, S.48) im letzten Januardrittel erneut zu Tauwetter führt. Zu bedenken ist auch, dass die drei Stationen von der Höhenlage im Übergangsbereich von einer ausgeglichenen Aufbau- und Abbauphase der Schneedecke hin zu einer im Verhältnis längeren Schneedeckenaufbauphase befinden, sodass es nicht außergewöhnlich sein dürfte, dass es u.U. zur Ausprägung zweier Schneedeckenmaxima im Hochwinter und im Spätwinter kommen kann.

Ein ganz anderes Bild zeigt sich bei der Analyse der neunziger Jahre. Ab Mitte Dezember stagniert der durchschnittliche Schneedeckenaufbau in Grebenhain-Herchenhain bei 5 bis 10 cm. Das Schneedeckenmaximum wird zwar wieder in der zweiten Februarhälfte erreicht, überschreitet aber zu keinem Zeitpunkt mehr die 15 cm Marke. Für den Kleinen Feldberg treffen diese Aussagen mit geringfügig höheren Werten ebenfalls zu. Lediglich im zweiten Februardrittel wird beim Schneedeckenmaximum die 15 cm Marke überschritten. Auf dem Kahlen Asten liegen die Durchschnittswerte auch deutlich niedriger im Vergleich zum langjährigen Mittel oder zum Dekadenmittel 1961 bis 1970. Jedoch werden hier ab Mitte Dezember kontinuierlich zumindest mehr als 15 cm erreicht. Ebenso tritt die Phase des Schneedeckenmaximums wieder auffällig hervor. In der zweiten Februarhälfte liegt diese bei etwa 30 cm, aber bereits Mitte März sinken die Werte auf unter 15 cm ab. Das Auftreten bestimmter Schneehöhen wird in Tab. 8 noch einmal verdeutlicht.

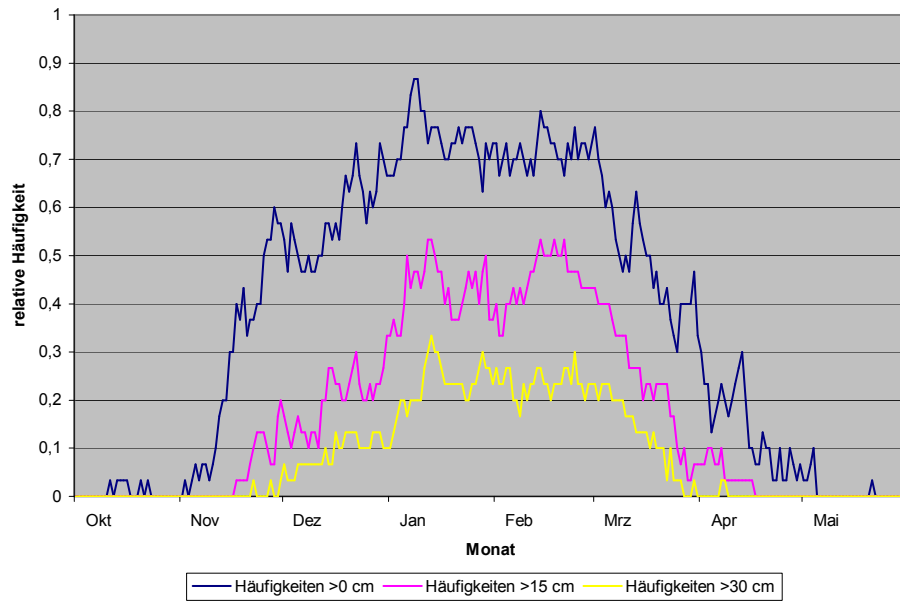
Ort	Zeit	> 10 cm		> 15 cm		> 30 cm	
		Datum	Tage	Datum	Tage	Datum	Tage
Kahler Asten	1961 bis 1990	25.11. bis 21.04.	147	29.11. bis 17.04.	139	04.01. bis 31.03.	86
	1961 bis 1970	27.11. bis 21.04.	145	27.11. bis 21.04.	145	11.12. bis 09.04.	118
	1991 bis 2000	30.11. bis 31.03.	122	13.12.. bis 10.03.	87	19.02. bis 24.02.	5
Grebenhain-Herchenhain	1961 bis 1990	19.12. bis 17.03.	87	06.01. bis 09.03.	62		0
	1961 bis 1970	19.12. bis 21.03.	91	28.12. bis 16.03.	88	16.02. bis 22.02.	6
	1991 bis 2000	16.02 bis 27.02	11		0		0
Kleiner Feldberg	1961 bis 1990	19.12. bis 23.03.	93	05.01. bis 16.03.	70		0
	1961 bis 1970	04.12. bis 27.03.	102	21.12. bis 21.03.	90	13.02. bis 23.02.	10
	1991 bis 2000	12.12. bis 02.01. und 09.02. bis 01.03.	40	17.02. bis 26.02.	9		0

Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Tabelle 8: Schneehöhdauer in ausgewählten Stationen und Zeiträumen des Untersuchungsgebietes.

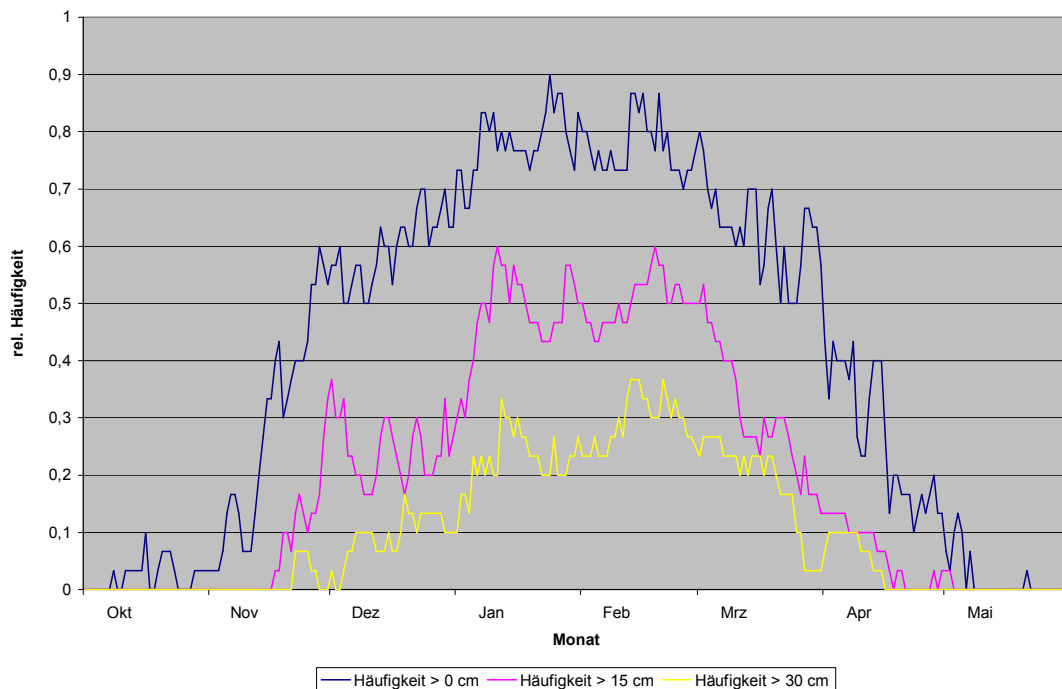
Die gewonnenen Aussagen über die Schneedeckenhöhe und deren zeitliches Eintreten sind bislang nur Mittelwerte berücksichtigt worden. Eine Aussage darüber, wie häufig diese Situation z.B. in einer Dekade eintritt, kann noch nicht gemacht werden, ist aber bezüglich des Wintersports dringend notwendig, da das regelmäßige Auftreten bestimmter Schneehöhen gerade für die Rentabilität des Wintersportangebotes wichtig ist. Im dritten Abschnitt wird daher untersucht, wie häufig bestimmte Schneehöhen auftreten.

Begonnen wird zunächst wieder mit dem Auftreten einer geschlossenen Schneedecke überhaupt. Auch wenn sich daraus noch keine Aussagen über bestehende Wintersportmöglichkeiten ableiten lassen, ist das Bild einer winterlichen Landschaft als Imagefaktor für ein Wintersportgebiet nicht zu unterschätzen.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 27: Grebenhain-Herchenhain (608m): relative Häufigkeiten der Schneedecke 1961 bis 1990.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 28: Kleiner Feldberg (839 m): relative Häufigkeiten einer geschlossenen Schneedecke 1961 bis 1990.

Wie in Abbildung 27 und 28 zu erkennen ist, steigt die Häufigkeit ab etwa Mitte November im langjährigen Mittel deutlich an und erreicht auf dem Kleinen Feldberg und in Grebenhain-Herchenhain ab etwa Ende November 50 %, d.h. in jedem zweiten Jahr liegt dann eine geschlossene Schneedecke vor. Im Monat Dezember nimmt die Häufigkeit allmählich bis auf 70 % zu. Besonders in Grebenhain-Herchenhain ist in der dritten Dezemberdekade noch einmal ein vorübergehendes Absinken zu erkennen, auch hier spiegelt sich der Witterungsregelfall des Weihnachtstauwetters wider. Mit der Jahreswende ist dann bis in das erste Märdrittel hinein in mindestens sieben von zehn Jahren mit einer geschlossenen Schneedecke an den beiden Stationen zu rechnen. In Grebenhain-Herchenhain steigt die Wahrscheinlichkeit Mitte Januar auf rund 87 %, auf dem Kleinen Feldberg wird das Häufigkeitsmaximum Ende Januar mit 90 % erreicht. Bis Anfang April ist dort dann noch in jedem zweiten Jahr mit einer Schneedecke zu rechnen, ein Wert, der in Grebenhain-Herchenhain bereits in der dritten Märzdekade unterschritten wird.

Betrachtet man nun die Häufigkeiten einer Schneedecke von mindestens 15 cm so fällt auf, dass im langjährigen Mittel selten in mehr als jedem zweiten Jahr mit einer solchen Schneedecke zu rechnen ist. An beiden Stationen liegt in drei von zehn Jahren zwischen Anfang Januar und Mitte März mehr als 15 cm Schnee. In Grebenhain-Herchenhain wird in der ersten Januarhälfte sowie in der zweiten Februarhälfte die größte Häufigkeit von ca. 50 % erreicht. Auf dem höher gelegenen Kleinen Feldberg beträgt die Wahrscheinlichkeit einer solchen Schneedecke zwischen Anfang Januar und Anfang März etwa 40 % bis 60 %.

Eine Schneedecke von mindestens 30 cm wird an beiden Stationen nur in etwa drei von zehn Jahren in einem kurzen Zeitraum erreicht. Auf dem kleinen Feldberg in der zweiten Februarhälfte, in Grebenhain-Herchenhain am ehesten in der ersten Januarhälfte.

Aus den Häufigkeiten der langjährigen Mittelwerte lassen sich nun folgende Aussagen gewinnen. An beiden Stationen wird in den Wintermonaten Januar und Februar zumindest in sieben von zehn Jahren eine geschlossene Schneedecke angetroffen. Das heißt aber auch, dass es sowohl im Vogelsberg als auch im Hochtaunus grundsätzlich zum kompletten Abschmelzen der winterlichen Schneedecke während des gesamten Winters kommen kann. Bezogen auf die Definition von Schneesicherheit nach ABEGG (vgl. Kap. 4.2) wird eine geschlossene Schneedecke in sieben von zehn Jahren erreicht.

Allerdings wird weder im Vogelsberg noch im Taunus eine Mindesthäufigkeit der für den Wintersport ausreichenden Schneehöhen erreicht.

5.6 Analyse möglicher Klimatrends

5.6.1 Der Trendtest nach Mann-Kendall

Der hier zur Anwendung kommende Trendtest geht auf MANN (1945) zurück und wurde von KENDALL (1970) weiterentwickelt. Anhand von Beobachtungen werden Hypothesen über einen Trend in der Zeitreihe mittels einer Teststatistik überprüft, deren genaue Zusammensetzung bei HARTUNG (1995, S.249f) nachzulesen ist. Bei großer Anzahl der Beobachtungen erreicht man mit Hilfe einer transformierten Teststatistik, dass diese approximativ $N(0,1)$ – verteilt ist und so liefern die Werte gerade die Quantile der Standardnormalverteilung, mit deren Hilfe die jeweilige Signifikanz bestimmt werden kann. Dieser Trendtest ist somit ein geeignetes Verfahren zur Abschätzung der Signifikanz, ohne dass eine Normalverteilung der Daten oder die Linearität des Trends vorausgesetzt wird. Es wird lediglich ein relatives Ansteigen bzw. Abfallen der Werte bewertet, ebenso aber auch alle möglichen vorkommenden Trends erfasst. Aus diesem Grund darf die Aussage der Signifikanz nicht auf einen linearen Trend übertragen werden, da dieser Normalverteilung voraussetzt und z.B. Niederschlagsdaten dies nur sehr selten erfüllen (RAPP 1999, S.1).

Bei einem Trendtest ist ebenfalls noch zu berücksichtigen, dass Trends einer starken Veränderlichkeit unterliegen, wenn die beobachteten Zeitreihen zu kurz sind. Als Faustregel gelten daher 30 Jahre bei monatlichen Niederschlagswerten und 20 Jahre im Fall monatlicher Temperaturmittel als Mindestzeitspanne, welche eine Zeitreihe umfassen sollte (RAPP 1999, S.2). Im Rahmen dieser Arbeit umfasst der Beobachtungszeitraum 40 Jahre und erfüllt damit diese Kriterien. Eine Trendanalyse nach MANN (1945) und KENDALL (1970) kann somit durchgeführt werden.

5.6.2 Ergebnisse

Bezogen auf die Temperaturverhältnisse lassen sich nach erfolgtem Trendtest klare Aussagen formulieren. Es gibt einen klaren positiven Trend bei der Wintermitteltemperatur. Dieser Trend lässt sich beispielsweise an den Stationen

Wasserkuppe und Kahler Asten signifikant auf dem 95 % - Niveau nachweisen. Auch bezüglich der durchschnittlichen Minimum- und Maximumtemperaturen im Winter ist der Trend auf diesem Niveau signifikant. Die größte Signifikanz wird bei dem Parameter Anzahl der Frosttage erreicht. Die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt hier bei $< 0,5 \%$. Ein positiver Klimatrend für die Temperaturen im gesamten Winter ist also als sehr wahrscheinlich einzustufen.

Bei einem Blick auf die Ergebnisse der einzelnen Wintermonate zeigt sich ein etwas differenzierteres Bild. Am wenigsten signifikant sind die Trends im Monat Februar. An der Station Wasserkuppe z.B. ist keiner der betrachteten Parameter signifikant auf dem 95%-Niveau. Im Januar dagegen wird dies in vielen Fällen wieder erreicht, bzw. wenn nicht, dann nur sehr knapp verfehlt. Die Resultate im Monat Dezember liefern vielerorts die deutlichsten Trends. Die Trends der Temperaturparameter hin zu einer Erwärmung sind nahezu ausnahmslos signifikant auf 95 % - Niveau, einige sogar auf 99 % - Niveau. Eine positive Temperaturentwicklung ist daher gerade im Dezember festzustellen. Vergleicht man die Ergebnisse mit der beschriebenen Temperaturentwicklung für den Monat Dezember in Kapitel 5.2, so wurde dort bereits auf die seit ca. 20 Jahren andauernde positive Temperaturanomalie hingewiesen, was das deutliche Trendergebnis erklären kann.

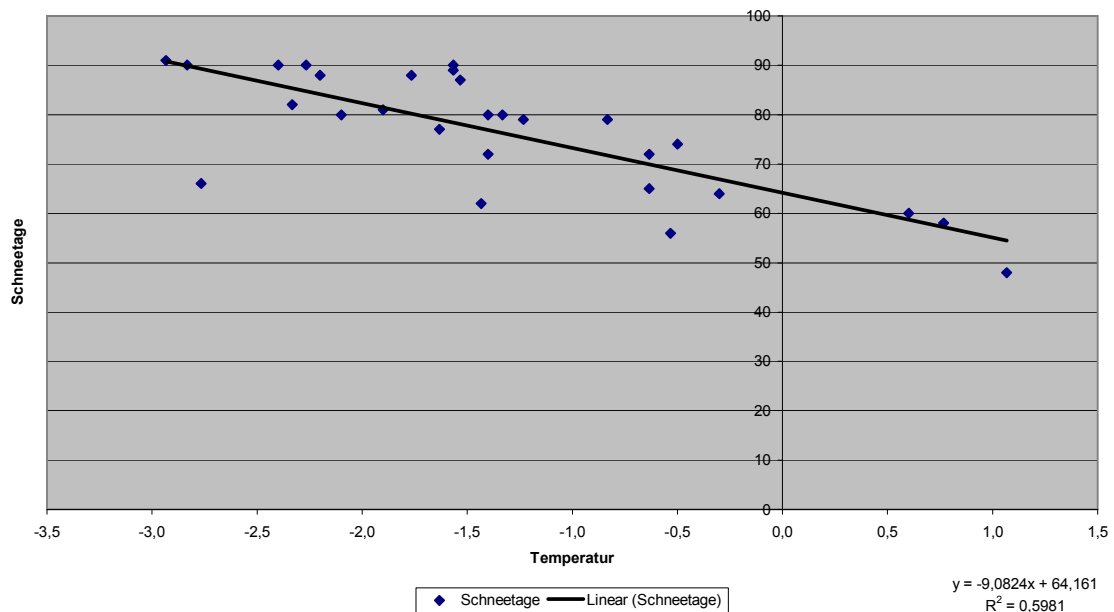
Die Niederschlagstrends liefern nicht solche eindeutigen Ergebnisse. Bei den Schneefalltagen kann der vorliegende negative Trend hin zu einer Abnahme der Schneefalltage zumindest nicht als signifikant auf 95 % - Niveau bezeichnet werden. Die größten Wahrscheinlichkeiten werden bei der Station Grebenhain-Herchenhain erreicht, die niedrigsten auf der Wasserkuppe. Auch bei den Schneetagen variieren die Ergebnisse. Auf dem Kahlen Asten ist eine signifikante Abnahme für den gesamten Winter festzustellen, auf der Wasserkuppe beispielsweise nicht auf 95 % - Niveau. Hier erreicht der Monat Januar besonders hohe Signifikanzen (Wasserkuppe und Grebenhain-Herchenhain jeweils $> 98 \%$).

Der Mann-Kendall-Test liefert also durchaus einen Trend zu einer positiven Temperaturentwicklung. Die Ergebnisse weisen häufig sogar eine noch höhere Signifikanz auf als beispielsweise im Klimatrendatlas von SCHÖNWIESE & RAPP (1997), wie in Kapitel 3.3 beschrieben. Zurückzuführen ist dies auf die Berücksichtigung der vergleichsweise milden Winter in den neunziger Jahren, die bei SCHÖNWIESE & RAPP noch nicht in der Zeitreihe aufgenommen sind.

Auch wenn die Schneeeverhältnisse nicht ganz so eindeutige Resultate liefern, so ist auch hier zumindest eine Tendenz zu einer Abnahme der Schneetage abzulesen.

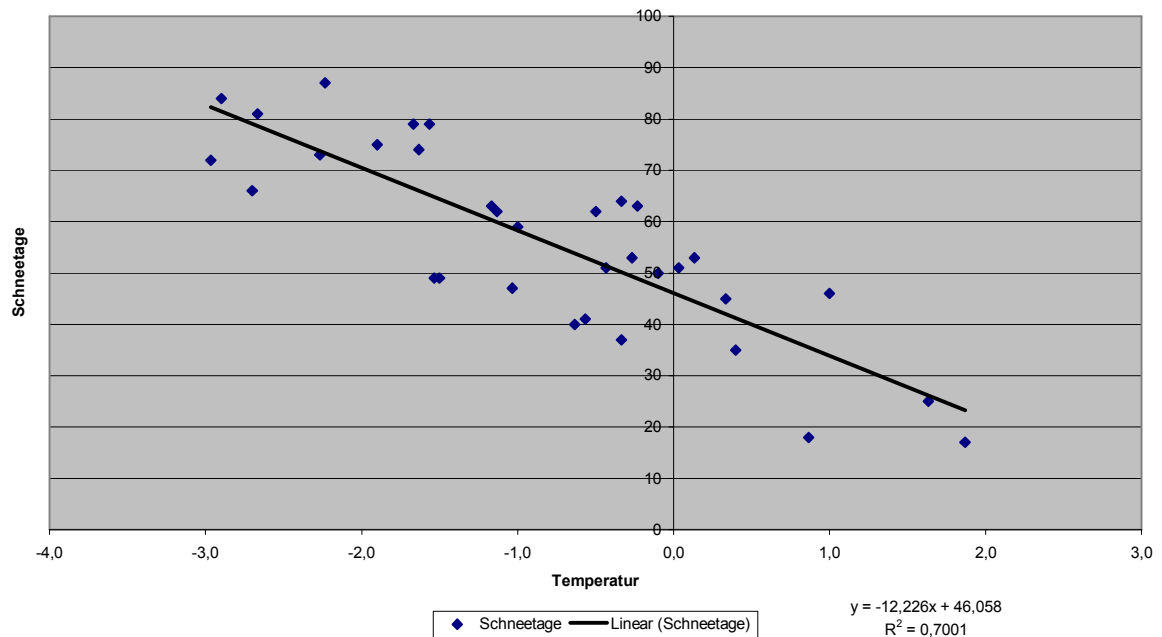
5.7 Zukunftsprognosen

Nachdem ein positiver Trend bei den Temperaturen signifikant nachgewiesen werden konnte, stellt sich Frage, in wie weit sich ein Temperaturanstieg im Winter auf die Wintersportbedingungen und damit in erster Linie auf die Schneeeverhältnisse auswirken wird. In Kapitel 5.5 ist die Abnahme der Schneetage in den neunziger Jahren bereits dokumentiert worden. Ziel ist es nun anhand der vorliegenden Daten abzuschätzen, wie sich durch eine Änderung der Temperatur die Anzahl der Schneetage reduzieren wird.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 29: Kahler Asten (839 m): Anzahl der Schneetage im Winter in Abhängigkeit der Wintermitteltemperatur.



Quelle: Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1962 bis 2002, eigene Erstellung.

Abbildung 30: Grebenhain- Herchenhain (608 m): Anzahl der Schneetage im Winter in Abhängigkeit der Wintermitteltemperatur.

In Abbildung 29 und Abbildung 30 ist die Anzahl der Schneetage im Winter gekoppelt an die jeweilige Wintermitteltemperatur dargestellt. Besonders kalte Winter wurden nicht berücksichtigt, da hier auch meist eine hohe Anzahl von Schneetagen vorliegt. Es zeigt sich, dass ab einer bestimmten Temperatur die Schneetage relativ konstant linear abnehmen. Die Geradengleichung repräsentiert die Entwicklung gut, was anhand des betragsmäßig hohen Korrelationskoeffizienten bzw. Bestimmtheitsmaß zu erkennen ist. Somit können nun zukünftige Werte prognostiziert werden. Einschränkend ist zu erwähnen, dass dieses Modell Anwendung findet unter der Annahme, dass sich die Winterverhältnisse in Zukunft durch die Erfahrungswerte der letzten 40 Jahre prognostizieren lassen.

Für die Stationen Kahler Asten und Grebenhain-Herchenhain lassen sich somit folgende Aussagen treffen bzw. Prognosen stellen. Höhenbedingt unterscheiden sich die Anzahl der Schneetage an beiden Stationen. Bei einer Wintermitteltemperatur von 0°C sind nach diesem Modell auf dem Kahlen Asten 64 Schneetage von Dezember bis Februar zu erwarten, an der etwa 200 m niedriger gelegenen Station Grebenhain-Herchenhain sind es noch 46 Tage. Pro Grad Temperaturerwärmung ist auf dem Kahlen Asten mit einer Abnahme von 9 Schneetagen zu rechnen, in Grebenhain-Herchenhain sind es sogar etwa 12 Tage.

Nach den neuesten Berechnungen des IPCC ist im 21. Jahrhundert ein Anstieg der Temperaturen von $1,4^{\circ}\text{C}$ bis $5,8^{\circ}\text{C}$ im Vergleich zum Temperaturmittel 1961 bis 1990 zu erwarten (vgl. Kap. 3.3). Setzt man hier einen linearen Anstieg voraus, so wäre es im Jahr 2050 also zwischen $0,7^{\circ}\text{C}$ und $2,9^{\circ}\text{C}$. Um konkrete Werte angeben zu können wird exemplarisch der Anstieg um 1°C , 2°C und 3°C simuliert, was einem geringen, mittleren bzw. starken hypothetischen Anstieg der Temperatur entspricht.

Für den Kahlen Asten ergibt dies folgende Werte. Die Schneetage reduzieren sich bis zum Jahr 2050 von 86 Tagen 1961 bis 1990 je nach Temperaturerhöhung auf 77, 68 bzw. 59 Tage. Im worst-case Szenario bedeutet dies eine Abnahme um rund ein Drittel gegenüber dem langjährigen Mittel. Für die Station Grebenhain-Herchenhain sinkt die Zahl Schneetage im Modell von 65 Tagen auf 54, 42 bzw. 30 Tage. Hier ist im worst-case Fall im Jahr 2050 nur noch an einem Drittel der Tage im Winter mit einer geschlossenen Schneedecke zu rechnen.

Für die Station Grebenhain-Herchenhain können die simulierten Werte als zuverlässig angesehen werden. Ein Vergleich mit den tatsächlichen Werten bestätigt dies. So beträgt die Anzahl der Schneetage im langjährigen Mittel 61 Tage bei einer Wintermitteltemperatur von $-1,6^{\circ}\text{C}$. Im Zeitraum 1991 bis 2000 lag die Wintermitteltemperatur mit $-0,7^{\circ}\text{C}$ um ca. 1°C höher und die Anzahl der Schneetage reduzierte sich auf 53. Der simulierte Wert bei 1°C Temperaturerhöhung wäre $-0,6^{\circ}\text{C}$ und liefert wie erwähnt 54 Tage.

5.8 Fazit

Nach nun abgeschlossener Analyse der Temperatur-, Niederschlags- und Schneeverhältnisse können folgende Ergebnisse festgehalten werden. Neben der großen jährlichen Variabilität bei allen betrachteten Größen lassen sich trotzdem Regelmäßigkeiten feststellen. Die sechziger Jahre waren sowohl das kälteste als auch das schneereichste Jahrzehnt in den letzten 40 Jahren. Die Häufung milderer Winter seit 1987/1988 kann als außergewöhnlich bezeichnet werden, in den neunziger Jahren werden sowohl die wärmsten wie auch schneeärmsten Winter beobachtet. Allerdings traten auch in den siebziger Jahren gehäuft mildere Winter auf, wenn auch nicht in so starkem Ausmaß.

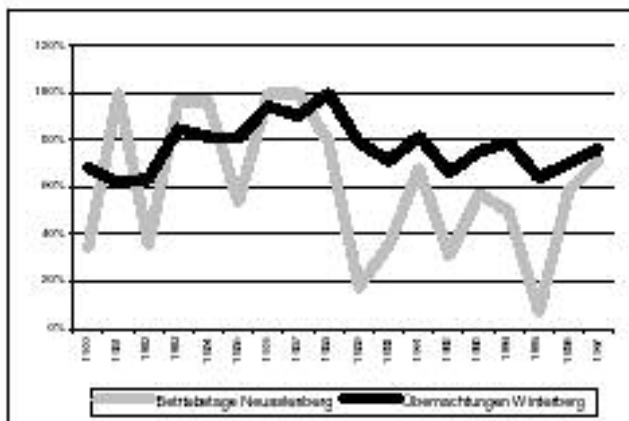
Der Trend hin zu einer Erwärmung in der Untersuchungsregion konnte gezeigt werden. Die Trendanalyse bestätigt somit Studien, die dies global oder überregional bereits aufgezeigt haben (vgl. Kap. 3.2). Die Zunahme der Temperaturen bzw. die Abnahme der Frost- und Dauerfrostage und damit verbunden auch die Abnahme der Schneefalltage bewirken eine deutliche Reduzierung der winterlichen Schneedecke. In Zukunft wird eine fortschreitende Erwärmung erkennbare Auswirkungen auf die winterliche Schneedecke haben. So ist im ungünstigsten Fall in mittleren Höhenlagen mit einer Reduktion der Schneetage um etwa die Hälfte zu rechnen.

Gleichzeitig zeigte die Analyse der Schneeverhältnisse aber auch, dass mit Ausnahme des Rothaargebirges in den übrigen Mittelgebirgen des Untersuchungsgebietes auch in den vergangenen Jahrzehnten die natürlichen Voraussetzungen für Wintersport nicht erfüllt werden. Das Auftreten einer Schneedecke in einer bestimmten Höhe und Häufigkeit, ist im Allgemeinen nicht ausreichend vorhanden, um eine der Definitionen der Schneesicherheit zu erfüllen.

Kapitel 6: Auswirkungen auf den Wintersport

6.1 Auswirkungen auf den Wintersporttourismus in der Region

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Schneeverhältnisse der letzten 40 Jahre untersucht. Die neunziger Jahre kristallisierten sich als die schneeärmsten Jahre dieses Zeitraumes heraus. Die Simulation der künftigen Entwicklung zeigte, dass auch in den kommenden Jahrzehnten mit einer weiteren Verschlechterung der Wintersportbedingungen zu rechnen ist. Die Frage ist nun, wie sich künftig schneearme Winter auf den Tourismus in der Region auswirken. Hinweise darauf liefern die schneearmen Winter seit Ende der achtziger Jahre.



Quelle: ROTH et al 2001b, S.26.

Abbildung 31: Betriebstage in Neuastenberg und Übernachtungen in Winterberg 1980 bis 1997.

Wie aus Abbildung 31 zu erkennen ist, haben die milden Winter ab Ende der achtziger Jahre nicht nur zu einem deutlichen Absinken der Liftbetriebstage im Hochsauerland geführt, sondern gleichzeitig setzte ein Rückgang der zuvor konstant gestiegenen Übernachtungen ein. Auch die ab Mitte der neunziger Jahre wieder leicht ansteigenden Betriebstage bewirkten noch nicht unmittelbar eine Zunahme der Übernachtungszahlen. Die schneearmen Winter haben also einen direkten Einfluss auf die Liftbetriebstage und die Übernachtungszahlen ausgeübt. Es zeigt sich zudem, dass bei verbesserten Bedingungen die Gäste nicht sofort wieder zurückkehren. Vermutlich sind die Besucher in schneesichere Gebiete abgewandert.

In Altastenberg konnten diese Veränderungen besonders deutlich beobachtet werden. Der Ort verzeichnete „in der Spitze einmal 135.000 Übernachtungen pro Jahr, 1997 waren es nur noch 55.000“ (ROTH et al 2001b, S.25).

In Willingen und Winterberg werden von Dezember bis März 43.000 bzw. 39.000 Übernachtungen verzeichnet, die unmittelbar von der Schneelage abhängig sind. In Willingen macht dies jede siebte, in Winterberg sogar mehr als jede dritte Übernachtung pro Jahr aus. Das Wegfallen eines Wintersporttages führt in der Region bereits zu massiven Übernachtungsausfällen. „Auf einen Wintersporttag kommen in der Kernstadt Winterberg rund 1.100 zusätzliche Übernachtungen, ... in Willingen rund 1.350.“ (ROTH et al 2001b, S.26).

Die milden Winter haben auch Veränderungen innerhalb der Wintersportregion hervorgerufen. So verfügte Willingen Mitte der neunziger Jahre noch nicht über Beschneiungsanlagen, in Winterberg hingegen gab es bereits zwei Anlagen. Nach WILKE (1997, S.37) führte dies zu einer Gästeabwanderung innerhalb des Gebietes in Richtung Winterberg. Wintersportzentren ohne potentielle Beschneigungsmöglichkeiten bei Schneemangel weisen daher bereits heute klare Standortnachteile auf, welche sich in Zukunft weiter verstärken werden.

Neben dem Hotelgewerbe sind vor allem Anbieter von schneeabhängigen Angeboten wie Skischulen und Liftbetreiber von einer Klimaerwärmung betroffen. Im Wintersportgebiet Sauerland/Rothaargebirge bestehen zur Zeit 40 Skischulen (ROTH et al 2001b, S.11). Hier ist mit einem Nachfragerückgang und damit verbundenen Umsatzeinbußen zu rechnen. Gegenwärtig kann mit Hilfe künstlicher Beschneigung die Existenz dieser Skischulen noch gewährleistet werden, sollten die klimatischen Rahmenbedingungen für die Beschneigung wegfallen, ist die Zukunft der Skischulen ungewiss.

Die Mehrzahl der 148 Liftbetriebe ist in Einzelunternehmen oder Gesellschaften des bürgerlichen Rechts organisiert. Sie werden überwiegend im Nebenerwerb betrieben, lediglich vier Liftanlagen als Haupterwerb. Ebenso gibt es nur bei 18 % der Liftanlagen festangestellte Arbeitskräfte. Dagegen werden bei rund 60 % des Liftbetriebes Eigenleistungen erbracht, ohne die bereits heute die Anlagen nicht mehr zu betreiben wären (ROTH et al 2001b, S.13). Die schneearmen Winter bewirken auch hier massive Veränderungen. „Insgesamt mussten in den neunziger Jahren drastische Einbußen gegenüber Mitte der achtziger Jahre hingenommen werden. Selbst in einigen

hochgelegenen Gebieten konnten nur noch weniger als ein Drittel der Beförderungen bzw. Umsätze erzielt werden.“ (ROTH et al 2001b, S.30). Eine direkte Folge sind fehlende Modernisierungsmaßnahmen der Wintersportanlagen in den letzten Jahren, so dass diese heute als veraltet gelten.

Die wirtschaftlichen Auswirkungen in der Region sind beträchtlich. Direkt betroffen sind Hotelgewerbe, Liftbetreiber und Skischulen. Nicht zu vergessen sind die indirekt beeinflussten Bereiche wie Gastronomie und Einzelhandel. In der Untersuchungsregion liegen dafür keine konkreten Zahlen vor, für die Schweiz weisen ELSASSER et al (2000, S.36) aber darauf hin, dass z.B. Wintersportartikelgeschäfte bis zu 80 % des Jahresumsatzes in der Wintersaison erzielen.

Im Wintersportgebiet Sauerland/Rothaargebirge gibt es nach vorsichtigen Schätzungen etwa 720 direkt auf den Schneetourismus zurückzuführende Beschäftigte. Der Schneetourismus macht zudem einen beträchtlichen Anteil am Volkseinkommen aus, in Altastenberg liegt dieser z.B. bei 15,9 % (ROTH et al 2001b, S.78). In Folge der Schneearmut sind daher für die strukturschwache Region negative regionalwirtschaftliche Auswirkungen zu befürchten.

In diesem Zusammenhang ist der Masterplan Wintersport im Sauerland auch als eine Art Auswirkung zu verstehen. Erst die gehäuft auftretenden milden Winter seit Ende der achtziger Jahre riefen bei den Verantwortlichen Handlungsbedarf hervor. Zuvor waren die natürlichen Bedingungen ausreichend, in Zukunft werden Wintersportregionen in Mittelgebirgen einen rentablen Skibetrieb ohne künstliche Beschneigung nicht mehr sicherstellen können.

6.2 Auswirkungen auf lokale Betreiber und Wintersportvereine

Nachdem die Auswirkungen auf touristisch stark frequentierte Skigebiete wie das Rothaargebirge analysiert wurden, gilt der Focus nun den lokalen Vereinsanlagen. Bisher liegen diesbezüglich keine Erfahrungswerte vor. Die Informationen stammen aus Gesprächen mit heimischen Skivereinen bzw. Liftbetreibern, sowie aus einem Fragebogen, der an insgesamt 15 Skivereine gesandt worden ist. Fünf der angeschriebenen Vereine beantworteten den Fragebogen (Rücklaufquote 33%).

Um die Auswirkungen in diesem Bereich zu erfassen, ist es notwendig, die veränderten Rahmenbedingungen darzustellen. Die Liftanlagen befinden sich in der Regel in

Vereinsbesitz und werden ausschließlich durch freiwillige Helfer betrieben. Demzufolge sind die Kosten vergleichsweise niedrig und der entstehende wirtschaftliche Schaden in schneearmen Wintern gering. Daher reichen wenige Betriebstage im Jahr aus, um die Unkosten zu decken. Als Richtwert können zehn Betriebstage angesetzt werden.

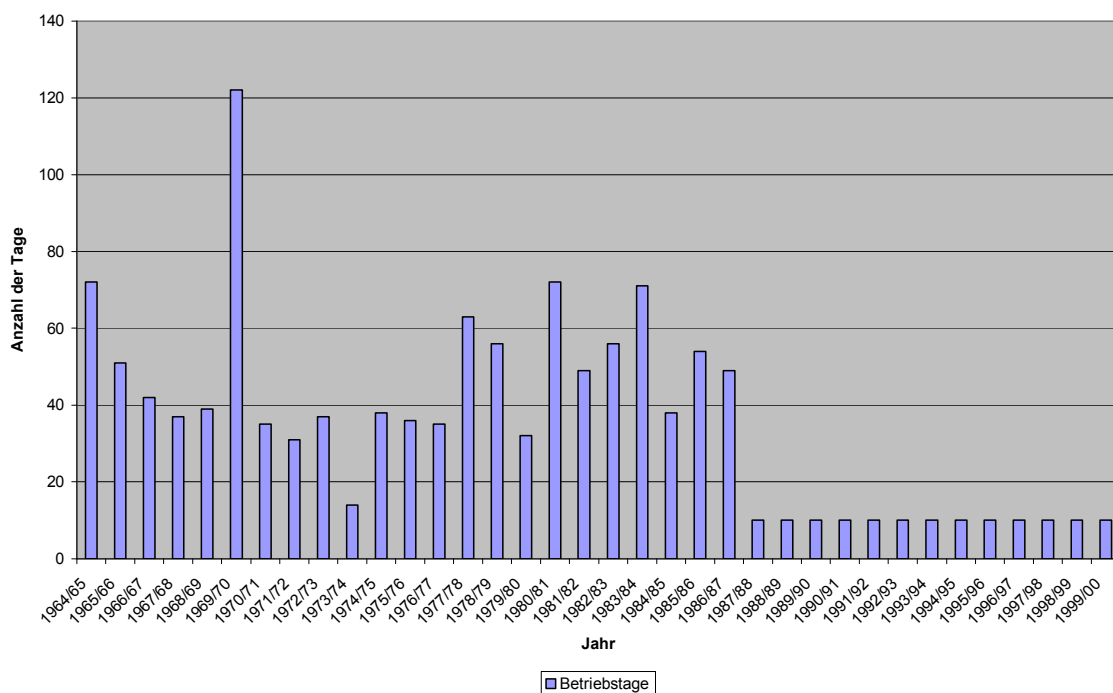


Quelle: Rehrmann 1971, S.282; www.sc-hoellkopf.de (Zugriff 28.11.2003)

Abbildung 32: Ski-Ranch Roth (Westerwald): Oben: In den sechziger Jahren warb man hier mit Schneesicherheit von Dezember bis März; Unten: Auch heute noch herrscht reger Andrang, allerdings nur noch wenn es die Witterungsbedingungen zulassen.

Bei entsprechenden Schneesverhältnissen werden die Anlagen gut besucht. Neben der heimischen Bevölkerung und den Vereinsmitgliedern zählen auch viele überregionale Tagesgäste zu den Besuchern. Am Beispiel der Ski-Ranch Roth im Westerwald reicht der Einzugsbereich vom Rhein-Main-Gebiet über den Raum Köln bis hin zum Ruhrgebiet, so dass an Spitzentagen bis zu 400 Gäste das Skiangebot nutzen.

Die meisten Liftanlagen befinden sich in Höhenlagen von ca. 500 m. Dies ist insofern problematisch, da in dieser Höhe keine Schneesicherheit gegeben ist. Hier ist schon eine erste Auswirkung von Klimaschwankungen zu erkennen. Viele der Liftanlagen, z.B. sämtliche Anlagen im hessischen Westerwald, wurden in den sechziger Jahren geplant bzw. errichtet. Dies fiel in den Zeitraum der schneereichsten Winter der vergangenen Jahrzehnte. Gegenwärtig hingegen erfahren gerade die mittleren Höhenlagen eine deutliche Abnahme der Schneetage und zukünftig werden sie sich weiter reduzieren (vgl. Kapitel 5.5). Viele Vereinsanlagen befinden sich daher in einer problematischen Höhe, in den letzten Jahren konnte der Liftbetrieb nur selten sichergestellt werden.



Quelle: M. SCHAAF, SC Höllkopf, eigene Erstellung.

Abbildung 33: Betriebstage an der Ski-Ranch Roth /Westerwald (500 m bis 570 m). Die Werte nach 1987/1988 sind nur noch geschätzt worden.

Abbildung 33 verdeutlicht die Problematik. Bis zum Winter 1986/1987 konnten in den meisten Jahren zumindest etwa 40 Betriebstage oder mehr erreicht werden, die Rentabilität der Anlage war damit gegeben. Mit Beginn der milden Winter 1987/1988

sind die Betriebstage nur noch geschätzt worden und lagen seitdem etwa bei 10 Tagen pro Saison, was dem Richtwert für die Rentabilität der Vereinsanlagen entspricht. Ein deutlicher Unterschied zu den Jahren zuvor ist also zu erkennen. Ebenfalls kristallisiert sich in den siebziger Jahren eine Phase mit geringeren Betriebstagen heraus. Nach Kapitel 5.2 ist es in diesem Zeitraum zu einer Abfolge milderer Winter gekommen, die sich negativ auf die Wintersportmöglichkeiten ausgewirkt haben. Diese Phase wurde z.T. in den Vereinschroniken belegt, wie das Beispiel des Skiclubs Elz im Westerwald zeigt. „Schneearme Zeiten lähmten einige Jahre unsere Vereinsaktivitäten, und so suchte man 1975 nach neuen Zielen“ (www.ski-club-elz.de/ueber-uns/ueber-uns.html, Zugriff 28.11.2003). In diesem Fall führte der Schneemangel zu Beginn der siebziger Jahre zur Gründung einer Tennisabteilung innerhalb des Skivereins, um das Vereinsleben aufrechtzuerhalten.

Die milden Winter der neunziger Jahre haben sich massiver auf die Vereine ausgewirkt. Immer seltener waren ausreichende Schneebedingungen gegeben bis hin zum Ausfall fast einer gesamten Skisaison. Der Skiclub Kelkheim mit einer Loipenanlage im Hochtaunus beschreibt die Wintersaison 2000/2001 daher wie folgt:

„Erstmals in der Vereinsgeschichte war es dem Zweckverband Naturpark Hochtaunus über einen einzigen Tag hinausgehend nicht möglich, auf einer der ausgewiesenen Loipen eine Spur zu präparieren. Selbst im sonst so schneesicheren Vogelsberg gab es gespurte Loipen nur während weniger Tage. Somit war auch erstmals das Gemeinschaftserlebnis im heimischen Schnee mit der damit verbundenen Geselligkeit und dem Wiedersehen gleichgesinnter Freunde nicht mehr möglich“ (www.skiclub-kelkheim.de/pipo/html/download182.pdf, Zugriff 06.05.2003)

Zu der Besucherentwicklung der Vereinsanlagen kann keine Aussage gemacht werden, möglich ist dies aber bei der Mitgliederentwicklung. Der Skiclub Kelkheim erreicht Mitte der achtziger Jahre einen Mitgliederhöchststand von rund 420 Mitgliedern. Ende der achtziger Jahre setzt bis 1995 ein Mitgliederschwund ein, so dass zu diesem Zeitpunkt nur noch 300 Personen dem Verein angehören. Erst in den letzten Jahren ist wieder ein Mitgliederzuwachs auf nunmehr 385 zu verzeichnen. Auch hier fällt die Abnahme in die Zeit der schneearmen Winter und ist direkt damit in Verbindung zu

bringen, ob dies allerdings der einzige Grund ist, kann nicht abschließend geklärt werden.

Um die Existenz der Vereine nicht zu gefährden, macht die gegenwärtige Schneesituation die Suche nach Alternativangeboten unumgänglich. Viele bieten während des gesamten Jahres Aktivitäten wie Wandern, Ausflugsfahrten, Skigymnastik etc. an. Besonders hervorzuheben ist das zunehmende Angebot an Skifreizeiten in den Alpenraum. In schlechten Wintern ist dies teilweise die einzige Möglichkeit, überhaupt Ski zu fahren. Ob damit die Zukunft der Vereine längerfristig gesichert werden kann, ist zumindest fraglich. Auch hier findet man seitens der Vereine eine pessimistische Einschätzung vor, wie das Beispiel Kelkheim zeigt:

„Sollten im Zuge der nun kaum noch übersehbaren Folgen einer klimatischen Veränderung auch in Zukunft spontan verabredete Treffen im Schnee der unmittelbaren Umgebung nicht mehr möglich sein, besteht die Gefahr, dass wir nur noch als Touristik-Skiclub eine Überlebenschance haben. Jugendlichen, Familien und Menschen die weniger bereit sind für den Skisport tief in die Tasche zu greifen, fehlt durch diese Entwicklung mehr und mehr die Motivation einem Skiclub beizutreten.“ (www.skiclub-kelkheim.de/pipo/html/download182.pdf,Zugriff 06.05.2003)

Die heimischen Wintersportvereine bekommen bereits heute die negativen Auswirkungen der Klimaschwankung zu spüren. In Zukunft ist davon auszugehen, dass sich diese Entwicklung weiter fortsetzen wird. Durch die nur geringe erforderliche Anzahl von Betriebstagen sind die wirtschaftlichen Folgen sehr gering. Zur Zeit können die entstehenden Kosten noch durch wenige Lifttage gedeckt werden, da an diesen Tagen meist reger Besucherandrang herrscht. In Kapitel 2.3 wurde auf die geringe Bedeutung dieser lokalen Anlagen für den Übernachtungstourismus eingegangen, daher ist diesbezüglich der Schaden ebenfalls als gering einzustufen.

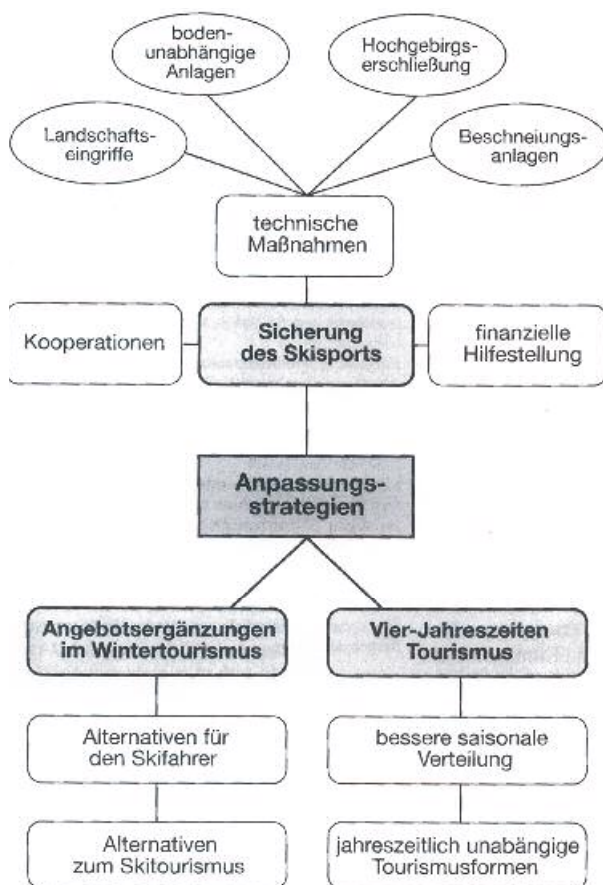
Den Verantwortlichen in den Skivereinen ist die aktuelle Situation bewusst, sie schätzen die zukünftige Entwicklung sehr pessimistisch ein. Es geht sogar soweit, dass auch hier die Errichtung von Beschneiungsanlagen ins Gespräch kommt. Durch die hohen Investitionskosten müssten wesentlich mehr Betriebstage erzielt werden, was angesichts des klimatologischen Potentials vieler Anlagen aufgrund der zu geringen Höhenlage nicht gegeben ist. Bei einer weiteren Erwärmung wird ein geregelter Betrieb kaum noch

möglich sein. Bislang hat sich dies nur wenig auf das Vereinsleben ausgewirkt, da der Entwicklung mit Alternativangeboten entgegengewirkt wurde. Wie lange dies noch möglich ist, bleibt fraglich. Zu befürchten ist daher, dass für Mitglieder wie für Besucher künftig nahegelegene und vergleichsweise schnell zu erreichende Wintersportangebote in der heimischen Region wegfallen. So wird beispielsweise der Taunus diese Funktion als Naherholungsgebiet für das Rhein-Main-Gebiet nicht mehr erfüllen können. Längere Wegstrecken in noch schneesichere Gebiete in anderen Mittelgebirgen oder direkt in die Alpen sind die Folge. In wie weit potentielle Tagesgäste die längeren Anfahrtstrecken in Kauf nehmen, ist nur schwer abzuschätzen.

Kapitel 7: Lösungsmaßnahmen und Anpassungsstrategien

7.1 Allgemeine Lösungsstrategien

Die Zukunftsprognosen für die Klimaentwicklung sind in Kapitel 3 und Kapitel 5 erörtert und Auswirkungen davon in Kapitel 6 skizziert worden. Die Verantwortlichen im Bereich des Wintersporttourismus stehen vor schwierigen Aufgaben; die gehäuft schneearmen Winter in den vergangenen 15 Jahren haben vor Augen geführt, dass bereits heute Handlungsbedarf besteht. Allerdings müssen sie der Gefahr eines sich anbahnenden Klimawandels nicht tatenlos zusehen. Gerade die Studien in den in Kapitel 4 vorgestellten Beispielregionen Schweiz und Australien haben eine Reihe von Lösungsstrategien und Alternativkonzepten aufgezeigt. Abbildung 34 zeigt diese in einer übersichtlichen Darstellung.



Quelle: ABEGG & ELSASSER 1996, S.741.

Abbildung 34: Mögliche Anpassungsstrategien vor dem Hintergrund eines sich abzeichnenden Klimawandels.

Anhand der Abbildung 34 kristallisieren sich drei Kernstrategien heraus. Dies sind Sicherung des Skisports, Angebotsergänzung im Wintertourismus und der Vier-Jahreszeiten Tourismus. Im Folgenden soll auf einige dieser Aspekte exemplarisch eingegangen werden.

Bei der Sicherung des Skisports ist besonders die Komponente der technischen Maßnahmen in aller Munde. An erster Stelle ist hier vom vermehrten Einsatz von Beschneiungsanlagen die Rede. Bereits seit den neunziger Jahren nimmt der Anteil der künstlich beschneiten Pistenfläche zu. In der Schweiz hat sich die Fläche von 3,7 km² im Jahr 1993 auf 7,9 km² oder 3,6 % der präparierten Pistenfläche im Jahr 1995 mehr als verdoppelt (ABEGG 1996, S.164). Vermutlich ist die Zahl in den letzten Jahren weiter gestiegen und auch in Zukunft ist damit zu rechnen, dass künstliche Beschneigung eine noch größere Rolle einnehmen wird. Allerdings sind ihr auch Grenzen aufgesetzt. So benötigt man für den optimalen Einsatz der Schneekanonen Temperaturen von -5°C sowie eine Luftfeuchtigkeit von weniger als 65 % (ABEGG 1996, S. 165). Hohe Investitionskosten- und Betriebskosten sind jedoch die Nachteile beim Einsatz von Beschneiungsanlagen. Auch der ökologische Aspekt, verbunden z.B. mit einem großen Wasserverbrauch, ist zu bedenken. An dieser Stelle sei in diesem Zusammenhang auf den Bericht von CIPRA (1989) verwiesen, der sich mit den ökologischen Aspekten in punkto Beschneiungsanlagen auseinandersetzt. Künstliche Beschneigung kann nur als Unterstützung dienen, nicht aber als Garantie für Schneesicherheit. Beispielsweise musste die alpine Ski-WM 1995 in der spanischen Sierra Nevada trotz Einsatz von Schneekanonen abgesagt werden. „Beschneiungsanlagen sind also weder ein Allzweckmittel gegen schneearme Winter noch können sie den Winter ersetzen.“ (ABEGG 1996, S.166).

In tieferliegenden Skigebieten sind häufig die klimatischen Bedingungen für den Einsatz von Schneekanonen nicht gegeben, obwohl sie gerade dort dringend gebraucht würden. Daher eignen sie sich diesbezüglich nicht unbedingt als Alternativmaßnahme. Dennoch ist in Zukunft mit einem deutlichen Zuwachs an Beschneiungsanlagen zumindest in mittleren und höheren Lagen zu rechnen. Auch der Ausbau bodenunabhängiger Lifтанlagen wird vorgeschlagen. Dabei sollen die schneeabhängigen Schlepplifтанlagen durch z.B. Sessellifte ersetzt werden, um so die Skifahrer bei Schneemangel an den Talstationen in die höher gelegenen und schneesicheren Skigebiete befördern zu können (ABEGG & ELSASSER 1996, S.741).

Die zweite Komponente stellen die Angebotsergänzungen im Wintertourismus dar. In diesem Bereich geht es darum, dass bei zeitlich begrenzter Schneearmut Alternativen für die Wintersportler angeboten werden. Ziel ist, die Auswirkungen eines vorübergehenden Schneemangels möglichst gering zu halten. Als mögliche Ergänzungen kommen eine Reihe von Angeboten in Betracht, die sich in sportliche, kulturelle und gesellschaftliche Optionen unterteilen lassen. Im sportlichen Bereich ist das Anbieten von Wanderungen, Fitnessprogrammen, Mountain Biking, Turnierveranstaltungen wie z.B. Volleyball gemeint. Im gesellschaftlich-kulturellen Bereich konzentrieren sich die Alternativprogramme auf Konzerte, Führungen, Kino, Diashows oder Tanzveranstaltungen (ABEGG 1996, S.177). Allerdings dienen diese Angebote überwiegend der Schadensbegrenzung bei Schneearmut. Wenn sie nicht schon im touristischen Angebot zu finden sind, können sie zumindest dauerhafter Angebotsbestandteil werden, zudem dienen sie der Imageverbesserung eines Wintersportortes, indem dieser mit Alternativangeboten wirbt. Somit könnten diese Angebote auch Touristen anlocken, die nicht primär wegen des Ski Fahrens die Wintersportorte aufsuchen und so ein neues Gästesegment erschließen. Daher sind sie trotzdem zu befürworten. Dennoch sollten die Möglichkeiten der Angebotsergänzungen realistisch eingeschätzt werden, da das Hauptproblem darin liegt, „dass die Ausübung des Skisports für die meisten Wintergäste ein Schlüsselerlebnis darstellt“ und so viele Wochenend- und Tagesgäste bei Schneemangel gar nicht erst in die Skigebiete anreisen (ABEGG 1996, S.178).

Die dritte Komponente der Alternativstrategien bildet der Vier-Jahreszeiten-Tourismus. Ziel ist es, die durch den Schneemangel bedrohten Orte unabhängig von der Wintersaison attraktiv für Touristen zu gestalten. Erreicht werden soll dies durch vermehrte Angebote im Sommer und in den Übergangsjahreszeiten, z.B. durch Trendsportarten wie Mountain Biking oder Wandern. Auch die Förderung saisonunabhängiger Tourismusformen wie Kongress- oder Kurtourismus ist in diesem Zusammenhang zu nennen (ABEGG & ELSASSER 1996, S.742). Jedoch ist bei der Förderung des Sommertourismus zu bedenken, dass es hier u.U. zu starker Konkurrenz anderer Anbieter nicht zuletzt aus dem Ausland kommt. Auch ist fraglich, ob die Einbußen aus der Wintersaison in den anderen Jahreszeiten ausgeglichen werden können. Andererseits bietet eine Ausweitung des touristischen Angebots auf alle Jahreszeiten eine Risikoverteilung über die gesamte Saison.

7.2 Umsetzungspotential in der Untersuchungsregion

Bei der Frage, wie die zuvor genannten allgemeinen Lösungsstrategien in der Untersuchungsregion umgesetzt werden können, ist zunächst darauf hinzuweisen, dass es sich um Alternativkonzepte handelt, die vorwiegend für Wintersportorte im Alpenraum konzipiert wurden. Die Untersuchungsregion weist eine auch wirtschaftlich bedeutende Wintersportregion auf. Es handelt sich um das Rothaargebirge/Sauerland mit über 50 Skigebieten. Die anderen Regionen zeichnen sich durch lokale Einzelanlagen aus, eine wirtschaftlich hohe Bedeutung kommt ihnen aber nicht zu. Unter diesen Aspekten sind nun die Umsetzungsmöglichkeiten zu erörtern.

Wie bereits in Kapitel 4.5 dargestellt, wird die Sicherung des Skisports im Sauerland durch den Einsatz von Beschneiungsanlagen stark befürwortet und auch durch vom Land Nordrhein-Westfalen mitfinanzierte Projekte unterstützt. Der Masterplan zeigt die Beschneigungspotentiale für die Region auf, verweist gleichzeitig aber auch darauf, dass nur im sogenannten Wintersportkerngebiet in den höheren Lagen das natürliche Raumpotential für den Einsatz von Beschneiungsanlagen gegeben ist. Die Erfolge des vergangenen Winters sprechen für die künstliche Beschneigung (vgl. Kapitel 6), daher scheint hier Umsetzungspotential vorhanden zu sein. Andererseits darf nicht übersehen werden, dass der Masterplan keine Aussagen über eine künftige Klimaentwicklung enthält und es somit schwierig ist, das Beschneigungspotential bei einer Klimaerwärmung abzuschätzen.

Gegenwärtig und vielleicht auch noch mittelfristig können mit Hilfe von Beschneiungsanlagen die Wintersportangebote im Sauerland sichergestellt werden, ob dies aber darüber hinaus noch möglich sein wird, ist fraglich. Abgesehen vom Rothaargebirge/Sauerland ist die künstliche Beschneigung allenfalls noch in den Skigebieten der Rhön eine Alternative. Einerseits sind hier die natürlichen Voraussetzungen ähnlich wie im Rothaargebirge, andererseits gibt es eine größere Anzahl auch wirtschaftlich bedeutenderer Skigebiete, die durch die künstliche Beschneigung zumindest mittelfristig ihr Angebot aufrechterhalten bzw. verbessern können. In den anderen Regionen des Untersuchungsgebietes ist der Einsatz von Beschneiungsanlagen in der Regel keine Alternativstrategie. Die vereinzelt lokalen Liftanlagen befinden sich meist in Vereinsbesitz. Die Anschaffungs- und Betriebskosten für solche Beschneiungsanlagen stehen nicht im Verhältnis zu den möglichen Einnahmen.

Ein weiterer Aspekt bezüglich der Sicherung des Skisports ist der Bau bodenunabhängiger Liftanlagen. Hier zeigt sich, dass in der Wintersportregion Sauerland nur wenige derselben existieren und überwiegend bodenabhängige Liftanlagen in Betrieb sind. Theoretisch wäre also Potential gegeben, da aber die Skigebiete keine sehr großen Höhenunterschiede aufweisen und die Pisten nicht übermäßig lang sind, sind die Unterschiede zwischen Berg- und Talstation marginal. Wenn also an der Talstation kein Schnee liegt bzw. kein Wintersport möglich ist, so wird dies voraussichtlich auch weiter oben nicht möglich sein.

Auch im Bereich der Angebotsergänzungen im Winter sind die Umsetzungspotentiale nur bedingt gegeben. Bei den lokalen Liftbetreibern werden ohnehin keine Alternativmöglichkeiten angeboten, lediglich auf Vereinsebene werden Skifreizeiten o.ä. organisiert. Diese zählen aber nicht im engeren Sinn zu den Angebotsergänzungen. In der von den Übernachtungen her bedeutenden Region Sauerland ist zu berücksichtigen, dass durch die hohe Anzahl an Tages- und Wochenendtouristen die Gefahr besteht, dass gerade hier viele Urlauber bei Schneemangel gar nicht erst in das Gebiet reisen werden. Andererseits weist die Region mit den Zentren Winterberg und Willingen bereits heute eine Vielzahl von Alternativmöglichkeiten auf, vor allem auch deshalb, da die Region nicht nur auf den Wintersporttourismus fixiert ist, worauf im Folgenden noch eingegangen wird. Es sind also Angebotsergänzungen vorhanden, sicherlich auch, um Nichtskifahrer als neues Gästesegment zu gewinnen. Ob dies allerdings ausreichen wird, um trotzdem die Wintertouristen anzulocken, bleibt zumindest fraglich, da viele, insbesondere die niederländischen Gäste (vgl. Kapitel 4.5), die Region vor allem wegen des Skiangebotes im Winter aufsuchen.

Wie ebenfalls in Kapitel 4.5. dargestellt, konzentriert sich der Tourismus auch im Sauerland nicht nur auf die Wintersaison. Anhand der Übernachtungen ist davon auszugehen, dass bereits heute in den touristischen Zentren der Region ein Vier-Jahreszeiten-Tourismus stattfindet. Hier ist durchaus Umsetzungspotential vorhanden. Im Bereich des Rothaargebirges erfolgten bereits erste Ansätze. Neben dem Masterplan Wintersport im Sauerland gibt es auch einen Masterplan Mountainbike Arena Sauerland. Darüber hinaus besteht seit Mai 2001 der Wanderweg „Rothaarsteig“ von Brilon bis nach Dillenburg als Pendant zum thüringischen Rennsteig (www.rothaarsteig.de/deutsch/default.htm, Zugriff 29.11.2003).

Auch für die anderen Mittelgebirgsregionen existieren diesbezüglich Alternativen, um mit saisonunabhängigen Angeboten Tagesausflügler und Urlauber in die Region zu locken. Gerade das Segment des Wander- und Fahrradtourismus erfuhr in den letzten Jahren wieder Zuwachs, so dass in diesem Sektor auch für touristisch weniger stark frequentierte Gebiete Wachstumspotential vorhanden ist (vgl. dazu LEDER 2002, S.76 – 84; STEINER 2002, S.33 – 37).

Kapitel 8: Zusammenfassung und Ausblick

Das Themenfeld Klimaschwankung und Wintersporttourismus ist eine internationale Problematik, wie die Studien aus der Schweiz, Österreich und Australien gezeigt haben. Die Thematik ist seit den neunziger Jahren aktuell und spätestens seit den schneearmen Wintern Ende der achtziger Jahre sind Tourismusverantwortliche wie auch Touristen für dieses Thema sensibilisiert. Konzentrierten sich die Untersuchungen in den neunziger Jahren auf die alpinen Gebiete, so haben in den letzten Jahren auch die niedriger gelegenen Mittelgebirgsbereiche bezüglich dieser Fragestellung Aufmerksamkeit erreicht. Gerade sie sind von Klimaschwankungen als erstes betroffen.

Klimaschwankungen sind grundsätzlich nichts Neues. In den vergangenen 1000 Jahren gab es immer wieder unterschiedliche klimatische Bedingungen, wie in Kapitel 3 angeführt. Im Rahmen dieser Arbeit werden nun in Kapitel 5 die Schwankungen innerhalb der letzten 40 Jahre herausgearbeitet. Die sechziger Jahre kristallisieren sich als das kälteste und schneereichste Jahrzehnt heraus. In Folge dessen sind in dieser Zeit viele Wintersportanlagen auch in tieferliegenden und damit im Allgemeinen nicht schneesicheren Regionen errichtet worden. Ebenso gab aber es in der Vergangenheit Phasen mit milderem Wintern, diese haben jedoch in den höheren Lagen der Mittelgebirge keine starken Auswirkungen herbeigeführt. Die meisten Skigebiete waren davon weniger betroffen.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass es seit Ende der achtziger Jahre zu einer Häufung von außergewöhnlich milden Wintern kommt. Nun sind auch die Hochlagen der Mittelgebirge und damit eine Vielzahl der einst schneesicheren Skigebiete betroffen. Die hier angewandte Methodik kann mit Hilfe des Mann-Kendall-Test einen Trend zu einer Erwärmung nachweisen. Die Prognose zeigt eine weitere Verschlechterung der Schneeverhältnisse bis zum Jahr 2050. Im worst-case Szenario ist in den Hochlagen mit einer Abnahme von 30 % in den mittleren Lagen sogar von 50 % der Schneetage im Vergleich zum langjährigen Mittel zu rechnen.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass bei fortschreitender Erwärmung Wintersport in deutschen Mittelgebirgen auf Grundlage natürlicher Schneeverhältnisse immer seltener möglich sein wird. Einstmals schneesichere Skigebiete werden nicht mehr ausreichende Wintersportbedingungen bieten können.

Mit dem Masterplan Wintersport im Sauerland wird ein Konzept vorgestellt, wie die Sicherung des Skisports in wintersporttouristisch geprägten Regionen gewährleistet werden kann. Die ersten Erfahrungswerte aus dem vergangenen Winter haben den erfolgreichen Ansatz des Konzeptes bestätigt. Auf Basis dieser Studie können ähnliche Entwicklungskonzeptionen auch in anderen Mittelgebirgen umgesetzt werden.

Grundlegende Erkenntnis der Arbeit ist, dass ohne den Einsatz von Beschneiungsanlagen ein geregelter Skibetrieb in den deutschen Mittelgebirgen in absehbarer Zeit nicht mehr möglich sein wird. Nur so kann der Skisport zumindest mittelfristig in diesen Regionen gesichert werden. Ob auch langfristig in Lagen unterhalb 1000 m die klimatischen Bedingungen eine effektive künstliche Beschneigung zulassen werden, ist fraglich. Technische Weiterentwicklungen, die den effizienten Einsatz auch bei höheren Temperaturen ermöglichen, sind notwendig. Um den wirtschaftlichen Schaden zu minimieren, sind die Tourismusverantwortlichen aufgefordert, neben der angestrebten Sicherung des Skisports weitere saisonunabhängige Angebote aufzunehmen. Die stärkere Konzentration auf einen Vier-Jahreszeiten-Tourismus trägt dazu bei, die Risiken für die Region auf das Jahr zu verteilen und somit zu beschränken.

Erstmals werden im Rahmen dieser Arbeit Mittelgebirgsregionen berücksichtigt, welche nicht zu den touristisch bedeutenden Wintersportgebieten Deutschlands zählen. Dennoch weisen auch sie eine hohe Anzahl von Wintersportangeboten auf. Diese Anlagen werden überwiegend von heimischen Skivereinen betrieben und dienen zur Deckung der lokalen Nachfrage. Ebenfalls werden sie von überregionalen Tagesgästen aufgesucht. Die wirtschaftlichen Auswirkungen können als gering eingeschätzt werden. Zu befürchten ist aber, dass langfristig die Existenz vieler Vereine bedroht ist und sie mehr und mehr zum Anbieter von Skifreizeiten im Alpenraum verkommen.

Da in der Arbeit ein sehr heterogenes Untersuchungsgebiet gewählt wurde, indem verschiedene Mittelgebirge mit unterschiedlicher wintersporttouristischer Bedeutung vorzufinden sind, können die gewonnenen Erkenntnisse auch auf andere Mittelgebirgsbereiche außerhalb der Untersuchungsregion übertragen werden. In den nächsten Jahren werden sich in den Mittelgebirgen zunehmend die höhergelegenen Skigebiete als Gunsträume und die niedriger gelegenen Skigebiete als Ungunsträume herausstellen. Langfristig ist jedoch zu befürchten, dass selbst in den höchstgelegenen Skigebieten der Mittelgebirge die klimatischen Voraussetzungen für einen rentablen

Skibetrieb fehlen und als Alternative nur noch die auch zukünftig schneesicheren Skigebiete in den Alpen zur Verfügung stehen werden.

Kapitel 9: Literaturverzeichnis

ABEGG, B.; KÖNIG, U.; BÜRKL, R.; ELSASSER, H. (1997): Climate Impact Assessment im Tourismus; In: Die Erde Nr.128 1997, S.105 – 116.

ABEGG, B.; ELSASSER, H. (1996): Klima, Wetter und Tourismus in den Schweizer Alpen; In: Geographische Rundschau 48, Heft 12, S.737 – 742.

ABEGG, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus; Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen; Schlussbericht NFP 31; Hochschulverlag; Zürich.

BAHRENBERG, G.; GIESE, E.; NIPPER, J. (1999): Statistische Methoden in der Geographie; Band 1: Univariate und bivariate Statistik; Teubner Studienbücher der Geographie; Stuttgart.

BAHRENBERG, G.; GIESE, E.; NIPPER, J. (1992): Statistische Methoden in der Geographie; Band 2: Multivariate Statistik; Teubner Studienbücher der Geographie; Stuttgart.

BENISTON, M. (2003): Climatic Change in Mountain Region: A Review of possible Impacts; In: Climatic Change Nr. 59, S. 5 – 31.

BISSOLI, P. (1999): Kommen Westwetterlagen häufiger vor als früher?; In: Klimastatusbericht 1999; Deutscher Wetterdienst; Offenbach.

BREILING, M. (1998a): Mountain Regions, Wintertourism and Possible Climate Change: Example Austria; Concern for Environment Symposium Komaba Campus; Tokio.

BREILING, M. (1998b): The Role of Snow Cover in Austrian Economy During 1965 and 1995 and Possible Consequences Under a Situation of Temperature Change; Paper presented at Conference of Japanese Snow and Ice Society; Niigata.

BREILING, M. (1994): Climate Variability: The Impact on the National Economy, the Alpine Environments of Austria and the Need for Local Action; Paper presented at Conference Snow and Climate; September 1994; Genf.

BREILING, M. (1993): Klimaveränderung, Wintertourismus und Umwelt; Envirotour 1993; Internationale Gesellschaft für Umweltschutz; Wien.

BREILING, M.; CHARAMZA, P. (1999): The impact of global warming on winter tourism an skiing: a regionalised model for Austrian snow conditions; In: Regional Environmental Change Nr. 1, November 1999, S. 4 – 14.

BREILING, M.; CHARAMZA, P.; SKAGE, O. (1997a): Langfassung Endbericht: „Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Wintertourismus“; Alnarp.

BREILING, M.; CHARAMZA, P.; SKAGE, O. (1997b): Kurzfassung Endbericht: „Klimasensibilität österreichischer Bezirke mit besonderer Berücksichtigung des Wintertourismus“; Alnarp.

BÜRKI, R.; ELSASSER, H.; ABEGG, B. (2003): Climate Change – Impacts on the Tourism Industry in Mountain Areas; First International Conference on Climate Change and Tourism, Djerba, Tunisia, 9. – 11. April 2003.

BÜRKI, R. (2000): Klimaänderung und Anpassungsprozesse im Wintertourismus; Ostschweizerische Geographische Gesellschaft, Heft 6; St. Gallen.

BÜRKI, R. (1998): Klimaänderung und Skitourismus; In: Geographica Helvetica 1998 Nr.4, S.155 – 161.

CIPRA (1989): Beschneiungsanlagen im Widerstreit der Interessen; Internationale Alpenschutzkommission; Heft 3 1989; Vaduz.

DEUTSCHER WETTERDIENST (1962 – 2002): Meteorologisches Jahrbuch Bundesrepublik 1960 – 2000; Offenbach.

ELSASSER, H.; ABEGG, B.; BÜRKI, R.; KÖNIG, U. (1998): Beiträge der Tourismusgeographie zur Klimaänderungsfolgenforschung; In: Geographica Helvetica 1998 Nr.4, S.150 – 154.

ELSASSER, H.; BÜRKI, R.; ABEGG, B. (2000): Klimawandel und Schneesicherheit; In: Petermanns Geographische Mitteilungen 144, Heft 4 2000, S.34 – 41.

ELSASSER, H.; KÖNIG, U. (1996): Skitourismus in den Australischen Alpen; Berliner Geographische Schriften, Band 44; S.475 – 487.

FÖHN, P. (1990): Schnee und Lawinen. Schnee, Eis und Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre; Internationale Fachtagung; Mitteilungen VAW ETH Zürich, 108, S.33 – 48.

FRANKENBERG, P.; Kappas, M. (1991): Temperatur- und Wetterlagentrends in Westdeutschland; Mannheimer Geographische Arbeiten, Heft 30, Mannheim.

GLASER, R. (2001): Klimageschichte Mitteleuropas, 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen; Wissenschaftliche Buchgesellschaft; Darmstadt.

GLASER, R.; BECK, C.; BEYER, U. (2000): Vom mittelalterlichen Wärmeoptimum über die Kleine Eiszeit ins moderne Treibhausklima; In: Petermanns Geographische Mitteilungen 144, Heft 4 2000, S.44 – 53.

GRABAU, J. (1985): Klimaschwankungen und Großwetterlagen in Mitteleuropa seit 1881, Band 1; Paderborn.

HARTUNG, J. (1995): Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik; Oldenbourg-Verlag; München, Wien.

HEINEBERG, H. et al (1999): Städte und Gemeinden in Westfalen: Band 6: Der Hochsauerlandkreis; Münster.

HESSISCHE GEMEINDESTATISTIK (1999): Statistisches Landesamt; Wiesbaden.

HOUGHTON, J.T. et al (2001): Climate Change: The Scientific Basis; Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Cambridge University Press; Cambridge.

KASPAR, C. (1991): Die Tourismuslehre im Grundriss; 4. Auflage; St. Galler Beiträge zum Tourismus und zur Verkehrswirtschaft: Reihe Tourismus, Bd.1; Bern, Stuttgart.

KLAUS, D. (1999): Neue Ansätze und Erkenntnisse in der Klimaforschung; In: Geographische Rundschau 51, Heft 9, S.448 – 453.

KÖNIG, U. (1999): Climate Change and Snow Tourism in Australia; In: Geographica Helvetica, Jg. 54 1999 Nr.3, S.147 – 157.

KÖNIG, U. (1998): Tourism in a warmer World, Implications of Climate Change due to Enhanced Greenhouse Effect for the Ski Industry in the Australian Alps; Wirtschaftsgeographie und Raumplanung Vol. 28; Zürich.

KÜHNEL, S-M.; KREBS, D. (2001): Statistik für die Sozialwissenschaften, Grundlagen, Methoden, Anwendungen; Rowohlt Verlag, Reinbek bei Hamburg.

KUTTLER, W.; ZMARSLY, E. (2000): Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt – Ursachen und Auswirkungen; In: Petermanns Geographische Mitteilungen 144, Heft 4 2000, S.6 – 13.

LAUER, W. (1999): Klimatologie; 3. Auflage; Westermann Verlag; Braunschweig.

LEDER, S. (2002): Das neue Bild der Wanderer – wichtige Marktdaten; In: Steinecke, Albrecht (Hrsg.): Tourismusforschung in Nordrhein – Westfalen, Ergebnisse – Projekte – Perspektiven; Paderborner Geographische Studien zur Tourismusforschung und Destinationsmanagement, Band 15; Paderborn; S. 76 – 84.

LESER, H. (Hrsg.) (2001): DIERCKE Wörterbuch Allgemeine Geographie; Westermann Verlag; Braunschweig.

NEUMEISTER, H.; REGBER, R. (1993): Schneesicherheit und Wintersport im oberen West-Erzgebirge/Oberem Vogtland von 1950 bis heute; Geoöko Verlag; Bensheim.

PGM STATISTIK (2000): Die globale Mitteltemperatur im 20. und 21. Jahrhundert; In: Petermanns Geographische Mitteilungen 144, Heft 4 2000, S.54 – 55.

PLETSCH, A. (1989): Hessen; Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.

RACHNER, M.; SCHNEIDER, G.; MATTHÄUS, H. (2001): Die mittleren klimatologischen Verhältnisse in Deutschland (Teil 4): Das Andauerverhalten der Schneedecke; In: Klimastatusbericht Deutscher Wetterdienst, Offenbach.

RAPP, J. (1999): Eine erweiterte Definition des Begriffes „Trend“ in der Klimadiagnose, In: Klimastatusbericht 1999; Deutscher Wetterdienst; Offenbach.

RAPP, J. (1998): Beobachtete Trends der Lufttemperatur und der Niederschlagshöhe in Deutschland; In: Klimatrendatlas 1998; Deutscher Wetterdienst; Offenbach.

RAPP, J. (1997): Regionale und jahreszeitliche Trendanalyse des Niederschlags und der Lufttemperatur in Deutschland; In: Petermanns Geographische Schriften 141, Heft 2 1997, S.99 – 107.

REHRMANN, K. (1971): Der Dillkreis – Tradition und Fortschritt, Oldenburg.

ROTH, R. et al (2001a): Masterplan Wintersport im Sauerland und Siegerland – Wittgenstein, Teil A: Räumliche Entwicklungskonzeption und Marktanalyse, Köln.

ROTH, R. et al (2001b): Masterplan Wintersport im Sauerland und Siegerland – Wittgenstein, Teil B: Bestand, Entwicklungspotentiale, Maßnahmeplan, Köln.

SCHARTAU, H. (2003): Wintersportarena Sauerland/Siegen – Wittgenstein glänzt mit erfolgreicher Auftaktsaison; Statement des Ministers für Wirtschaft und Arbeit des Landes Nordrhein – Westfalen, Pressekonferenz 26. März 2003; Winterberg.

SCHNAPPAUF, W. (2002): Der Klimawandel hat begonnen – Was kommt auf Oberfranken zu? Manuskriptfassung einer Rede des bayerischen Staatsministers am 04.11.2002, Bayreuth.

SCHÖNBEIN, J.; SCHNEIDER, C. (2003): Snow Cover Variability in the Black Forest Region as an Example of a German Low Mountain Range under the Influence of Climate Change; Geophysical Research Abstracts, Vol. 5, 05993.

SCHÖNWIESE, C.-D., RAPP, J. (1997): Climate Trend Atlas of Europe based on Observations 1891-1990; Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, Boston, London.

SCHÖNWIESE, C.-D. (1995): Klimaänderungen; Daten, Analysen, Prognosen; Springer Verlag; Berlin, Heidelberg.

SCHÖNWIESE, C.-D. (1994): Klimatologie; Ulmer Verlag; Stuttgart.

SCHÖNWIESE, C.-D. (1993): Globale Klimaänderungen in Vergangenheit und Zukunft; In: Geographische Rundschau Nr.45, Heft 2, S.74 – 80.

SCHÖNWIESE, C.-D. (1979): Klimaschwankungen; Springer Verlag; Berlin, Heidelberg, New York.

SCHULZE, W.; UHLIG, H. (Hrsg.) (1982): Giessener Geographischer Exkursionsführer Mittleres Hessen; Band 1: Regionale Einführung in das Mittlere Hessen Lahntal – Dillgebiet – Westerwald; Brühlscher Verlag, Giessen.

SCHWANHOLD, E. (2001): Sauerland in fünf Jahren zur führenden Wintersportregion entwickeln; Pressemitteilung des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr Nordrhein – Westfalen; 13. Juni 2001; Düsseldorf.

SCOTT, D. (2003): Climate Change and Tourism in the Mountain Regions of North America; First International Conference on Climate Change and Tourism, Djerba, Tunisia, 9. – 11. April 2003.

STEINER, J. (2003): Wirtschaftsfaktor Radtourismus; In: Steinecke, Albrecht (Hrsg.): Tourismusforschung in Nordrhein – Westfalen, Ergebnisse – Projekte – Perspektiven; Paderborner Geographische Studien zur Tourismusforschung und Destinationsmanagement, Band 15; Paderborn; S. 33 – 37.

ULLRICH, R.; RAPP, J. (2000): Monatliche Temperaturabweichungen vom Referenzzeitraum 1961 – 1990; In: Klimastatusbericht 2000; Deutscher Wetterdienst, Offenbach.

WATSON, R. et al. (1998): The Regional Impacts of Climate Change, An Assessment of Vulnerability; A special Report of IPCC working group 2; Cambridge.

WEISCHET, W.; ENDLICHER, W. (2000): Regionale Klimatologie, Teil 2 Die Alte Welt; Europa, Afrika, Asien; Teubner Verlag; Stuttgart, Leipzig.

WEISCHET, W. (1995): Einführung in die Allgemeine Klimatologie: physikalische und meteorologische Grundlagen; 6. Auflage; Teubner Studienbücher der Geographie; Stuttgart.

WILKE, J-W. (1997): Willingen – eine kulturgeographische Untersuchung über einen vom Tourismus beherrschten Ort; Wissenschaftliche Hausarbeit; Gießen.

WITMER, U. (1986): Erfassung, Bearbeitung und Kartierung von Schneedaten in der Schweiz; Geographica Bernensia, G25; Bern.

ZIMMERL, F. (2001): Die Alpen im Klimawandel – ökologische und ökonomische Folgen für den Wintertourismus in Österreich; Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien.

Internetquellen:

www.altastenberg.de, Zugriff 28.11.2003.

www.arnsberglifte.de, Zugriff 15.09.2003.

www.feuerberglift.de, Zugriff 15.09.2003.

www.geographie.uni-freiburg.de/ipg/forschung/projekt/klischee/change_frame.php,
Zugriff 02.12.2003.

www.herbert-klose.de, Zugriff 10.09.2003.

www.mra.nrw.de/archiv/reden/red030326, Zugriff 06.08.2003.

www.postwiese.de, Zugriff 02.12.2003.

www.rhoenline.de/aktiv/aktiv_winter.html, Zugriff 02.12.2003.

www.rothaarsteig.de/deutsch/default.htm, Zugriff 29.11.2003.

www.sc-hoellkopf.de, Zugriff 28.11.2003.

www.ski-club-elz.de/ueber-uns/ueber-uns.html, Zugriff 28.11.2003.

www.skiclub-hirzenhain.de, Zugriff 29.11.2003.

www.skiclub-kelkheim.de/pipo/html/download/82.pdf, Zugriff 06-05.2003.

www.skiliftkarussell.de/deframe.htm , Zugriff: 28.11.2003.

www.umweltministerium.bayern.de/aktuell/newsroom/reden/2002/041102,Zugriff
06.08.2003.

www.upland-wetter.de, Zugriff 10.09.2003.

www.wiegandslide.com/bahnen/skilifte_hoherodskopf.htm, Zugriff 02.12.2003.

www.willingen.de, Zugriff 10.09.2003.

www.winterberg.de, Zugriff 15.09.2003.

www.wintersport-im-taunus.de/ie/index3.html, Zugriff 28.11.2003.

